UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Análisis de las capacidades de los modelos de información de la construcción (BIM) para el cálculo de las certificaciones de obra en proyectos de construcción

Autor/es

EMELYN CRUZ CASTILLO

Director/es

ELISEO PABLO VERGARA GONZÁLEZ y IVÁN LUIS PÉREZ BARRÓN ,

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario en Dirección de Proyectos

Departamento

INGENIERÍA MECÁNICA

Curso académico

2017-18

UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA

ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES DE LOS MODELOS DE INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN (BIM) PARA EL CÁLCULO DE LAS CERTIFICACIONES DE OBRA EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

ANALYSIS OF THE CAPABILITIES OF CONSTRUCTION INFORMATION MODELS (BIM) FOR THE CALCULATION OF CERTIFICATIONS IN CONSTRUCTION PROJECTS

Autora: Emelyn Cruz Castillo
Tutor: Eliseo Vergara González

Área de Proyectos de Ingeniería
Máster en Dirección de Proyectos
Curso Académico 2017-2018

Análisis de las Capacidades de los Modelos de Información de la Construcción (BIM) para el Cálculo de las Certificaciones de Obra en Proyectos de Construcción

Máster en Dirección de Proyectos
Emelyn M. Cruz Castillo
Julio 2018

RESUMEN

La preparación de las certificaciones de obra dentro del área de costos de proyectos de construcción una de las tareas más importantes y delicadas, ya que enlaza la parte financiera con la parte de ejecución. A pesar de su importancia, se ha caracterizado por ser un proceso muy lento e ineficiente. La cantidad de despegue es un proceso muy largo y propenso a errores que se realiza por medio de las mediciones en campo. Actualmente la gestión BIM (Building Information Modeling) es una metodología de gestión en proyectos de construcción que usa un modelo virtual digital como base para permitir el entendimiento del proyecto previo y durante a la construcción, gestionar la información, mejorar la comunicación y lograr la colaboración entre el cliente, proyectistas, constructores y usuarios para poder alcanzar los objetivos del proyecto y del cliente. Estos modelos BIM, en su enfoque 4D y 5D cuentan con herramientas importantes que ayudan a realizar las certificaciones de una forma más rápida y exacta. A continuación, se estarán analizando estas herramientas de forma detallada, mediante la aplicación de un software BIM a un caso de estudio.

ABSTRACT

The preparation of construction certifications in the area of construction project costs is one of the most important and delicate tasks, due to it links the financial part with the execution part. Despite its importance, it has been characterized as a very slow and inefficient process. The quantity take off is a very long process and prone to errors which is done by field measurements. Nowadays, BIM (Building Information Modeling) is a management methodology in construction projects that uses a digital virtual model as a basis to allow the understanding of the project before and during construction, manage information, improve communication and achieve collaboration between the client, designers, builders and users to be able to achieve the objectives of the project and the client. These kind of models, in their 4D and 5D approach, have important tools that help make certifications faster and more accurate. In this document, these tools will be analyzed in detail, by applying a BIM software to a case study.

PALABRAS CLAVES

BIM, proyectos de construcción, estimación de costos, certificaciones de obra, modelo BIM, modelo 4D, 5D

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIONES

GLOSARIO

As-built: según lo realmente realizado o construido.

BIM Macro: valoración estimada rápida en cualquier etapa del proyecto.

Building Information Modeling (BIM): representación en 3D de un proyecto, que incluye información que no está representada visualmente. Como el tiempo, costo, mantenimiento, entre otras dimensiones de información.

CAD: diseño asistido por ordenador.

Certificaciones de obra o valoraciones: mediciones valoradas en base al presupuesto del proyecto donde también se incluyen las modificaciones que se han realizado en el transcurso de la obra.

Renderización: es un término usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen, fotorrealista o no, partiendo de un modelo en 2D o 3D.

IFC: formato de datos que tiene como finalidad permitir el intercambio de un modelo informativo sin la pérdida o la distorsión de datos o informaciones.

IR: integración de la representación digital.

LOD (nivel de especificación de Desarrollo): escala que informa por fase de proyecto relacionada con la cantidad de detalle incluida en el modelo del modelo.

nD: n dimensiones (3D, 4D, 5D, 6D) siendo de la 4ta dimensión en adelante dimensiones de manejo de información.

QTO: despliegue de cantidades.

I. INTRODUCCIÓN

El sector industrial constructivo es uno de los más antiguos, dinámicos y participativos dentro de la economía mundial. Ha sido clasificado según su grado de industrialización y métodos de ejecución en general como: construcción artesanal, construcción in situ tecnificada, construcción parcialmente industrializada y construcción ampliamente industrializada, siendo los dos primeros los más dominantes y característicos de la industria. En búsqueda de desplazar la construcción artesanal o técnica calificada in situ en las últimas décadas se han desarrollado estándares de industrialización que han permitido llevar al sector a un campo más productivo y sistemático, buscando así avanzar a construcciones parcialmente o ampliamente industrializadas dejando atrás los métodos, técnicas, sistemas y procesos ambiguos.

Dentro de este proceso evolutivo del sector, la aparición de grandes proyectos cada vez es mayor y sin lugar a dudas la complejidad del desarrollo de la gestión de estos proyectos se encarece proporcionalmente. Estamos hablando de proyectos que para su ejecución necesitan la colaboración de un amplio abanico de profesionales de diferentes áreas, donde la coordinación de sus diseños, recomendaciones, propuestas, modificaciones y soluciones son considerada un gran problema; donde los errores de comunicación son el pan de cada día y los problemas de integración de la información son sumamente

frecuentes; donde la detección de colisiones no es del tanto efectiva; donde las actividades de aprovisionamiento, programación, archivo, costes, control y seguimiento de todo el proyecto son actividades de gran consumo de tiempo para el equipo de dirección y para más, expuesto constantemente a errores. Este entorno de gestión conflictivo es el punto de partida para el desarrollo de una nueva tecnología enfocada en un principio a la integración de la información gráfica de todas las áreas de conocimiento mediante el modelado 3D (integración de los planos arquitectónicos, estructurales, sanitarios, eléctricos, mecánicos, entre otros) trabajados en conjunto en un mismo modelo que posibilita la visualización total del proyecto encausando la coordinación de ideas y la fácil detección de colisiones entre las áreas de conocimiento.

En términos históricamente tecnológicos esto significa la evolución del CAD (diseño asistido por ordenador) en 2D, que inicialmente fue la tecnología informática que reemplaza los diseños manuales por un proceso automatizado mediante gráficos vectoriales 2D, destinada al diseño y su documentación por medio del primer programa CAD con el software AutoCAD, hasta el modelado 3D de superficies sólidas que permiten aplicar varias fuentes de luz, girar objetos en tres dimensiones y renderizar diseños desde cualquier ángulo. Estos programas ayudaron a explorar ideas de diseño integrado, visualización de conceptos y simulación del funcionamiento de un diseño en el mundo real (Autodesk, 2018). Pero esto aún no era suficiente, se necesitaba una

herramienta que además hiciera más fácil y efectiva las actividades de gestión del proyecto atendiendo a otras perspectivas. Como resultado ha surgido uno de los desarrollos tecnológicos más prometedores de la industria conocido como Building Information Modeling (BIM) que en base el modelo 3D permite la introducción variada de información que facilita el control, seguimiento y la coordinación del proyecto. Según (Azhar, 2011) esta tecnología permite realizar un modelo virtual exacto de un edificio que a la vez puede ser utilizado para la planificación, diseño, construcción y operación de la instalación. "BIM es reconocido como uno de los mayores cambios en la industria del diseño después del uso de CAD y tiene el potencial para mejorar y revolucionar toda la industria de la construcción " (Tauriainen, et al., 2016). Para (Aranda-Mena, et al., 2009) BIM puede ser visto como una evolución del sistema de dibujo digital CAD pero, entregando más inteligencia e intercambio de información.

La posibilidad del desarrollo un software integrado o más interoperable fue reconocida en la década de 1970 por investigadores de desarrollo de proyectos de construcción " bases de datos de diseño integrado " (Eastman, 1978) o " sistemas integrados de diseño " (Björk, 1995). Estos sistemas también fueron reconocidos con términos como Virtual Building, Project Modeling, Virtual Design and Construction, y nD Modeling (Succar, 2009). Los orígenes de esta tecnología se manifiestan a partir de las etapas fundamentales evolutivas del Diseño Asistido por Computadora, mejor llamado CAD (Computer-Aided Design) para el dibujo en 3D que fueron la Representación

de Límites (B-rep) y el Constructivo Solid Geometry (CSG) desarrollados en la década de 1970 y 1980s; Una etapa evolutiva más introdujo el concepto de la descripción de las características de un objeto (Van Leeuwen, 1999). Lo cierto es que las etapas evolutivas de arquitectura CAD han pasado de la representación gráfica por ordenador en 2D al modelado paramétrico nD (Tse, et al., 2005) en la extracción de características y finalmente, más recientemente, a Building Information Modeling. Una de las primeras empresas en usar esta tecnología fue GRAPHISOFT quien en ese entonces utilizó como terminología Virtual Building. Esta compañía húngara inició la revolución BIM con ArchiCAD en 1984 reconocido como uno de los primeros softwares BIM de la industria para arquitectos capaz de crear dibujos 2D y 3D, y además de producir reportes (Graphisoft, 2018).

Existen varios puntos de vista acerca del origen del concepto BIM. Lo que llamamos " Building Information Modeling " hoy en día ya fue presentado por (Van Nederveen & Tolman, 1992), aunque el concepto BIM originalmente se remonta a 1970 (Eastman, et al., 2011), muy a menudo es percibido como un programa de ordenador o un modelo en 3D que es sólo una parte de ella. El concepto BIM tiene varias definiciones, para el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción de EEUU (Eastman, et al., 2011) la definición de BIM es "Una planificación, diseño, construcción, operación y proceso de mantenimiento mejorado que utiliza un modelo de información legible por máquina estandarizada para cada instalación que contiene toda la información

apropiada, creada o recogida sobre la instalación en un formato utilizable por todo lo largo de su ciclo de vida.". (Gu & London, 2010) establecen que "La construcción de modelado de información (BIM) es un enfoque basado en el IR que consiste en aplicar y mantener una representación digital integral de toda la información de construcción para diferentes fases del ciclo de vida del proyecto en la forma de un repositorio de datos. (Ding , et al., 2014) expresaron que los modelos BIM son representaciones que comienzan con las representaciones virtuales en tres dimensiones y que luego se le agregan otras variables, tales como, tiempo (4D), costo (5D) y otros análisis (nD). Éstos tienen por objetivo representar y visualizar el proyecto global, permitiendo mejorar el proceso de toma de decisiones durante las distintas etapas de un proyecto. Modelos estos que no solo contienen datos arquitectónicos sino también la profundidad de la información del edificio, incluidos datos relacionados con las diferentes disciplinas de ingeniería, como las estructuras de carga, todos los conductos y tuberías de los diferentes sistemas de construcción e incluso información de sostenibilidad. La gestión de datos BIM contiene información que no está representada visualmente de la construcción (Graphisoft, 2018). En general, incluyen la tercera dimensión (3D), el tiempo como cuarta dimensión, costo como quinta dimensión, mantenimiento como sexta dimensión, entre otras dimensiones de información (Mesároš & Mandičák, 2017).

Debido al inmenso abanico de data que puede contener un modelo BIM, sus usos y aplicaciones son muy variables. Tal como describieron (Boeykens, et al., 2008) estos modelos en la visualización de características 2D y 3D son usados para generar planos, secciones, alzados y vistas 3D actualizados inmediatamente después de cualquier modificación. Para (Azhar, et al., 2011) los modelos BIM pueden ser usados para generar planos de fabricación / taller, determinar las cantidades de material, ya que esta información se extraen automáticamente y además, se actualiza al instante. Un Modelo de Información de Construcción se puede utilizar eficazmente para coordinar el pedido de materiales, fabricación, y los plazos de entrega para todos los componentes de construcción. Otro uso común del BIM es solucionar conflicto, interferencias y detección de colisiones, dado que los modelos de información de edificios se crean para escalar en el espacio 3D. Incluso ha sido usado para el análisis forense: Un modelo de información de construcción se puede adaptar fácilmente para ilustrar gráficamente los posibles fallos, fugas, planes de evacuación, y así sucesivamente. BIM es utilizado también para la gestión de las instalaciones en las renovaciones, la planificación del espacio, y las operaciones de mantenimiento. Incluso sistemas, ensambles, y secuencias pueden ser vistas en una escala relativa dentro de toda la instalación o grupo de instalaciones. Además, es posible decir (Radziszewska-Zielina & Rumin, 2016) que BIM es la herramienta para la gestión de las relaciones entre los participantes un proyecto de construcción. Una gran

característica de estos modelos (Azhar, 2011) es que los documentos de construcción, tales como dibujos, detalles de compras, procesos de presentación, y otras especificaciones pueden ser fácilmente interrelacionados. Empleando las palabras de (Carmona & Irwin, 2007) BIM puede verse como un proceso virtual que abarca todos los aspectos, disciplinas y sistemas de una instalación dentro de un único modelo virtual, permitiendo a todos los miembros del equipo de diseño (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, subcontratistas y proveedores) colaborar con mayor precisión y eficiencia que usando de los procesos tradicionales. A medida que se crea el modelo, los miembros del equipo están constantemente refinando y ajustando sus partes de acuerdo con las especificaciones del proyecto y los cambios de diseño para garantizar el modelo es tan precisa como sea posible.

(BorjeGhaleh & Majrouhi Sardroud, 2016) planean que una de las ventajas más grandes del BIM son los planos o modelos según lo realizado. El proceso de diseño es basado en la forma física y dimensiones reales del edificio. La incorporación del BIM tiene incontables beneficios incluso para diseños complejos, detallado y optimizado de medidas y estimación de costos, project management y coordinación entre las partes involucradas, agiliza la construcción y reduce los costos. BIM permite el seguimiento del proyecto en la etapa de ejecución, evaluar las mejores opciones de ejecución y la división del proyecto en fases, facilita la eliminación de las interferencias de las componentes prefabricadas, reduce de duplicaciones y costos, dinamiza el

diseño y la revisión rápida sin errores, facilita el intercambio de información con otros softwares, proporciona un rápido y preciso acceso para el manejo de reportes, permite la integración entre el diseño, project management y control de cambios. Por otro las, (Mesároš & Mandičák, 2017) sostienen que las principales ventajas del BIM son: la reducción de costes en la gestión de proyectos de construcción , reducción del tiempo en la documentación del proyecto, reducción del tiempo en general para todo el ciclo de vida del proyecto de construcción, incluyendo la fase de diseño, aumento de productividad de los empleados, aumento del control financiero, facilidad la toma de decisiones, aumento de la calidad de los documentos, la eliminación de la documentación de error, eliminación de errores en el proceso de construcción y el aumento de la calidad de la construcción. Apreciablemente, las ventajas y uso del Building Information Modeling hacen que sea considerada por (Eastman, et al., 2011) como una de las tecnologías más nuevas y eficientes del tipo de Management Information actualmente contratadas por compañías de construcción como una herramienta competitiva para mejorar las capacidades de Project Management.

La explotación de esta tecnología avanzada en la gestión de proyectos de construcción representa un mayor potencial cada día (Mesároš, et al., 2016). La versatilidad de aplicación y usos de esta poderosa herramienta es impresionante, de alguna forma íntegra todos los aspectos importantes de un

proyecto de construcción facilitando significativamente la gestión, control y planificación de los proyectos. (F.H. Abanda, et al., 2017)

(Azpeita , et al., 2016) afirman que el BIM es una nueva metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación u obra civil a través de una maqueta digital. Establecen que la importancia del uso de esta maqueta digital es que conforma una gran base de datos que definitivamente permite una mejor gestión, control y seguimiento de los elementos que forman parte del modelo durante todo el ciclo de vida de la misma. (Azpeita , et al., 2016) Expresan que realmente es una oportunidad ante la evolución en la forma de entender la representación gráfica de los proyectos del mismo orden de magnitud a la que tuvimos que acometer cuando cambiamos de la mesa de dibujo al ordenador. Es una representación gráfica acompañada de metadatos que representa un cambio en la concepción de los tiempos empleados en los proyectos.

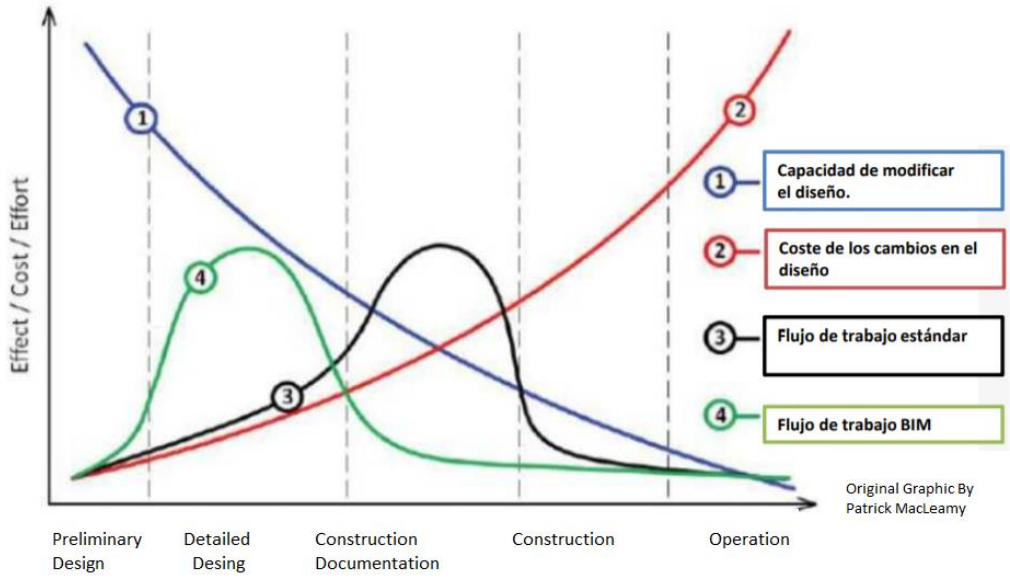


Figura (1): Representación del cambio de la metodología de trabajo con la implementación del BIM

La necesidad del uso de esta tecnología en la ejecución de proyectos en pocas palabras radica en el ahorro tiempo y la sistematización de la metodología de trabajo que tiende a alcanzar la construcción estandarizada. Así mismo facilita la rápida comprensión de los proyectos, evaluación instantánea, la modificación y actualización inmediata. Reduce al mínimo los errores, facilita la integración y coordinación. Automatiza el almacenamiento de información y al mismo tiempo la generación de informes múltiples. Es la herramienta con más radio de acción de la industria, que resulta ser una necesidad por sus grandes beneficios no solo para el equipo de dirección, sino también para los propietarios, la administración pública, los ingenieros, los arquitectos, los encargados de mantenimiento, los constructores, los fabricantes de productos, entre otros.

Dentro de la gestión del proyecto, esta tecnología ha contribuido con trascendentes avances incluso para el área de la gestión y control de costos de los proyectos. No es un secreto que, por generaciones, el proceso de la estimación de los costos ha sido manual, consumidor de tiempo (lento) y propenso a errores. (Autodesk, 2007) en la preparación de las estimaciones de costos, los estimadores comienzan típicamente mediante la digitalización de dibujo en papel del arquitecto, o importar sus dibujos CAD en un paquete de estimación de costos, o hacer despegues a mano de sus dibujos. Todos estos métodos introducen el potencial de error humano y propagar cualquier inexactitud puede haber en los dibujos originales. Mediante el uso de un

modelo de información del edificio en lugar de dibujos, los despegues, cuentas, y las mediciones se pueden generar directamente desde el modelo subyacente. Por lo tanto, la información siempre es coherente con el diseño. Y cuando se hace un cambio en el diseño - un tamaño de ventana más pequeña, por ejemplo - el cambio ondula automáticamente a toda la documentación relacionada construcción y horarios, así como todos los despegues, los recuentos y mediciones que son utilizados por el estimador.

Building Information Modeling (BIM) puede explotar los métodos de medición estándar para automatizar proceso de estimación de costos y mejorar las imprecisiones. Estructurar métodos de medición estándar en un formato legible por máquina para un software BIM puede facilitar enormemente el proceso mejorando las imprecisiones en la estimación de costos (P. Mesároš, et al., 2016). La posibilidad de utilizar las nuevas tecnologías en la gestión de proyectos de construcción (especialmente para la gestión de costes, reducción de costos, y la planificación de proyectos de construcción en general) está aumentando de manera constante a través del desarrollo de nuevas soluciones de software.

Este estudio tiene por objeto analizar las capacidades de un software BIM para la gestión de costos de proyectos de construcción, específicamente para la realización de certificaciones de obras o valoraciones económicas. Muy a menudo las bondades del BIM son utilizadas en un área específica, olvidando otras aplicaciones habilitadas que ofrece esta herramienta.

La importancia de este estudio se centra en ilustrar la aplicación de esta tecnología para que no solo se entienda que puede ser usada en la estimación de costos mediante el despliegue de información de cantidades de materiales, sino como una herramienta que también puede ser implementada dentro del seguimiento económico a lo largo de la ejecución del proyecto. Sin lugar a dudas, la gestión de costos avanza junto con el ciclo de construcción del proyecto, no se queda solo con la realización inicial de la oferta o propuesta económica. Tras la ejecución, también hay un control de los costos reales As-built denominado certificación o valoración económica de obra que es bastante importante y time-consuming para el equipo de gestión de costos y que incluso, ha provocado disputas y malos entendidos para las partes implicadas. Desde siempre, estas certificaciones se han realizado con mediciones reales en campo de todos los elementos construidos, debido a que, en la mayoría de ocasiones, lo proyectado inicialmente puede variar significativamente durante la ejecución del proyecto, por múltiples razones más. Es importante reconocer, que el uso de la herramienta para esta aplicación brinda la oportunidad de automatizar el proceso y eliminar los errores. Estamos hablando de un reporte económico exacto, que tanto para el constructor como para el contratista proporcionaría un acuerdo sin diferencias de las mediciones valoradas de lo que realmente construido en base al presupuesto del proyecto. De forma específica se desea Identificar las herramientas, comandos, informes y aplicaciones que permitan ayudar a

realizar las certificaciones. Así como también determinar las consideraciones generales con las que debe de cumplir el modelo para poder generar correctamente los datos y por supuesto.

2. ESTADO DEL ARTE

A nivel mundial la revolución del Building Information Modeling (BIM) en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción se ha manifestado fuertemente en la última década, a tal nivel que muchos países están tratando de llevar a cabo un cambio paulatino en la forma en que por mucho tiempo se han desarrollado los proyectos en el sector. Aunque la metodología BIM no es obligatoria todavía en Europa, el Parlamento Europeo emitió la Directiva 2014/24/UE por la cual se insta a los 28 países miembro de la Unión a implementar BIM en todos aquellos proyectos constructivos de financiación pública (Chartered Institute of Building, 2017). Como resultado, muchos países están en proceso de adoptar esta filosofía de trabajo.

De acuerdo con (Laakso & Kiviniemi, 2011) Reino Unido tomó la decisión de que BIMwill sea obligatoria en todos los contratos del sector público a partir de 2016. Medida esta que ha tenido un enorme impacto en el interés de BIM en el Reino Unido y que constituye a una fuerte tendencia hacia la unificación de las prácticas BIM. De igual modo (BIM Community, 2018) afirma que Francia lanzó a finales del año 2014 un gran proyecto denominado Digital Transition Plan, un proyecto de 3 años que ha contado con un presupuesto de 20 millones de euros y tiene como objetivo convencer a los stakeholders que el BIM es muy importante para mejorar su eficiencia y para asegurar que no existe una división digital entre los grandes stakeholders y los pequeños.

Más aún en Finlandia, donde todos ya trabajan en BIM, se están focalizando los esfuerzos en la "información de las entregas y quizás en hacer las cosas más inteligentes", resume Tomi Henttinen, presidente de buildingSMART del País. En Italia, (Chartered Institute of Building, 2017) el mandato gubernamental BIM obligará a las organizaciones, clientes públicos a adoptar un método digital para el año 2025. El mandato se establece como una obligación incremental, que se iniciará el 1 de enero el año 2019. A raíz de la directiva del parlamento Europeo y alineado con sus objetivos, (Global Institute Of Technology, 2013) menciona que el Ministerio de Fomento de España creó la Comisión es.BIM en agosto de 2015 con el fin de establecer una estrategia para la implantación de BIM como requisito obligatorio para toda licitación pública española. Desde la Comisión, se han establecido dos fases para su adopción, una para las Licitaciones Públicas de Edificación, prevista para el 17 de diciembre de 2018 y otra para las Licitaciones Públicas de Infraestructuras, para el 26 de julio de 2019.

Otra potencia mundial que está participando del proceso del cambio de tecnología es Alemania. El Ministro de Transporte e Infraestructuras Digitales lanzó en diciembre 2016 un plan que "define muy claramente a qué nos referimos ahora cuando hablamos de BIM", explica Ilka May, Chairman de Planen Bauen 4.0, impulsor de la implantación del BIM en el país. (BIM Community, 2018)

La evolución de la implementación del BIM a nivel mundial ha sido un proceso que ha implicado la inversión de mucho tiempo para lograr producir un drástico cambio en la forma de trabajar del sector, muchos países como los mencionados han realizado un gran esfuerzo, pero otros no están al mismo ritmo de ejecución. Según la consideración de (EDITECA, 2018) la integración del BIM en los grandes proyectos latinoamericanos no está siendo homogénea. En países como Chile, Colombia o Perú es ya una realidad. Con mucha aceptación en grandes proyectos públicos y un alto índice de contratación de profesionales BIM. Sin embargo, esta tendencia no crece al mismo ritmo en todo el continente, y lo cierto es que en la mayoría de países de habla hispana el paso al BIM sigue una progresión muy lenta.

El seguimiento del auge de la adopción del BIM a nivel mundial es tema de investigación para muchos. La serie SmartMarket Report ha informado anualmente el estado de adopción BIM en diversas regiones desde 2007 (Young , et al., 2007). Yonse Universidad en Seúl, Corea del Sur también ha estado midiendo el estado de la adopción de BIM en Corea del Sur cada dos años desde 2008 (Lee, et al., 2012). Además de estos, numerosas encuestas se han llevado a cabo para medir el estado de la adopción de BIM en un país específico. La encuesta realizada por (Mesároš & Mandiák, 2017) coincide en este mismo punto y la conclusión acerca de la explotación de la tecnología BIM en la gestión de proyectos de construcción en Eslovaquia arrojó que se está utilizando en una tasa baja. Sólo 24,71% de los encuestados están

utilizando la tecnología BIM en la gestión de proyectos de construcción. Una gran cantidad de empresas de construcción no utilizan la tecnología BIM. Entre muchas más encuestas enfocadas a un país específico (Berlo, et al., 2012), (Young , et al., 2007), (Nikkie BP Consulting, Inc., 2011), entre otras.

En este mismo orden, (Wooyoung & Ghang, 2015) presentaron un estudio que tuvo como objetivo informar el estado de BIM en todo el mundo con un alcance ampliado e índices adicionales en los seis continentes en el mundo en lugar de centrarse en uno o varios países específicos. Realizaron una encuesta para evalúa diferentes problemas (porcentaje de proyectos BIM, experiencia, años de utilizando BIM, fase de tecnología, usuario principal y uso). Como resultado, América del Norte aparentemente clasificado como el continente más avanzado en cada enfoque. Oceanía y Europa fueron considerados los próximos más avanzado y fueron especialmente fuertes en la fase de diseño. Asia ocupó el quinto lugar entre los 6 continentes en el nivel de compromiso y los servicios BIM, percibió su estado de adopción BIM de forma similar a otros continentes avanzados. Por otro lado, en Medio Oriente / África, el nivel de compromiso fue el tercero e incluso bastante similar con el primero y el segundo, pero ellos todavía consideraban que su estado de adopción BIM está en la "Fase de principiante". Por último, América del Sur fue la más baja.

Aunque no es tan sencillo determinar el número de software BIM utilizados a nivel mundial, buildingSMART ha enumerado al menos 150 paquetes de

software BIM que actualmente se utilizan en la construcción (BuildingSmart, s.f.). Así mismo, una extensa revisión de los diferentes programas BIM ha sido reportado en (Abanda, et al., 2013) y (Abanda, et al., 2015). Los más comunes paquetes de creación de BIM, por ejemplo, Revit, Tekla, Digital Project, Microstation, Allplan, Bentley Building Suite, Vectorworks, ArchiCAD; de gestión de proyectos BIM / software de coordinación, por ejemplo, Bentley ProjectWise. (Plebankiewicz, et al., 2015). Recientemente, varios programas de software de estimación de costos basados en BIM se han desarrollado para mejorar la eficiencia de los estimadores. Ampliamente conocidos programas de estimación de costos basados en BIM incluyen los siguientes: Innovaya Visual Estimación, Vico Estimador de 2009, Tokmo sistema de producción, Éxito Design Exchange, Timberline Extended y Winest Diseño Estimación Pro. Sin embargo, las combinaciones entre los diferentes tipos de software eran con frecuencia única y difícilmente aplicable en general.

El uso de estos softwares en grandes proyectos es cada vez más frecuente, por ejemplo, Autodesk Revit fue utilizando ampliamente en la Torre One World Trade Center de Nueva York, de 1.776 pies de altura, el edificio más alto del mundo. Revit fue utilizado inicialmente en el diseño de la planta baja de la superestructura edificio, y luego para modelar la compleja geometría de la torre. Dada la alta visibilidad y agresivo calendario asociado a un proyecto tan grande y complejo, un enfoque BIM completo al proyecto fue a la vez una

apuesta atrevida, y la única manera realista de cumplir con las demandas únicas de este proyecto. (Más detalles sobre este proyecto de alto perfil se pueden encontrar en el sitio web de Autodesk). El proyecto del Hospital de Londres de Bart fue diseñado por la oficina de Londres de HOK con Autodesk Architectural Desktop, utilizando un enfoque de BIM. HOK ha sido seleccionado como el arquitecto de Skanska Innisfree, el consorcio designado licitador preferente para la remodelación del hospital más grande realizado hasta ahora en el Reino Unido bajo iniciativa de financiación privada del Gobierno. (Para más detalles que describen visita del proyecto del Bart bartsandthelondon.org.uk). Bentley Architecture y Bentley estructuras se utilizó para capturar las condiciones existentes y facilitar la renovación y adaptación acústica de la mundialmente conocida Ópera de Sydney. El arquitecto original, Jorn Utzon, trabajo en conjunto con Johnson Pilton y Walker, y OveArup, con las herramientas BIM de Bentley para desarrollar su diseño a través de varias fases del proyecto de rehabilitación. (Más detalles sobre este innovador uso de BIM se pueden obtener de la página web de Bentley). El diseño de la torre Eureka en Melbourne, Australia llevó a cabo utilizando ArchiCAD de Graphisoft. Cerca de 1.000 pies de altura, la Torre Eureka es la estructura residencial más alta del mundo. (Los detalles completos están disponibles en el sitio web de Graphisoft).

Esta nueva tecnología ha provocado la confección de la metodología openBIM que está basada en el uso de estándares abiertos, como el IFC, que sirve como formato de intercambio de datos entre agentes, procesos y aplicaciones, y que viene definido por la Norma ISO 16739:2013. La Asociación buildingSMART Spanish Chapter ha dispuesto de una serie de guías BIM denominada uBIM que pretende facilitar la implantación de la metodología en el sector español. La asociación buildingSMART Spanish Chapter trabaja para la promoción del BIM a través de estándares abiertos. Por ello, en el marco del congreso EUBIM 2013 se planteó una iniciativa de estandarización denominada uBIM cuyo objetivo inicial era el desarrollo de una guía en español para usuarios BIM. (BuildingSmart, s.f.)

Esta información panorámica del Building Information Modeling en el mundo corrobora que es una herramienta que está tratando de marcar un antes y un después en la metodología de desarrollo de proyectos de la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción, aunque su difusión e implementación no es de un todo radical, sino que se encuentra en proceso de asimilación, aceptación, evaluación e implantación. Lo que sí es verídico es que su mayor uso se manifiesta que en proyectos de gran escala o de mayor complejidad.

Llegando a este punto y mencionado en la parte introductoria las múltiples aplicaciones que tiene esta tecnología lo cierto es que tal como expresa (Smith , 2016) el desarrollo de capacidades 5D (COST) está ganando impulso y

empresas de gestión de los costos del proyecto de vanguardia están empezando a darse cuenta de las ventajas competitivas al abrazar este enfoque 'new age' Gestión de Costos. Un catalizador importante para la profesión utilizando esta tecnología se produjo en 2008 en los Estados Unidos. La Asociación para el Avance de Costo Internacional de Ingeniería (AACE), la Sociedad Americana de Estimadores Profesionales (ASPE), el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, la Administración de Servicios Generales (GSA) y el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS) firmaron un acuerdo para trabajar juntos en la resolución de los problemas relacionados con la ingeniería de costos con el objetivo de proporcionar facilidades a la industria bajo la construcción de la Alianza SMART. El propósito era desarrollar sistemas y protocolos para la colaboración y la coordinación de ingeniería de costos y estimaciones a través del ciclo de vida del proyecto. El consorcio continúa para adaptarse y coordinar con las normas siempre cambiantes, de modo que el proceso de extracción y procesamiento de (costo) información 5D a partir del modelo BIM esté claramente definida, especialmente en lo que el diseño evoluciona. Como plantea (Smith, 2016) Building Information Modeling (BIM) proporciona tanto oportunidades como desafíos para la profesión de gestión de los costos del proyecto. A medida que la cuantificación cada vez se automatiza y modelos BIM desarrollar el papel del gestor de costo del proyecto tendrá que adaptarse en consecuencia para proporcionar servicios de gestión de costes más sofisticados que

incorporan tiempo 4D y modelos de costos y el costo intercambio de información 5D / datos con el equipo del proyecto como parte de la BIM enfoque integrado de entrega de proyectos.

En términos generales muchas son las investigaciones realizadas de la aplicación del BIM en la gestión de costes de proyectos. (Ok, et al., 2009) propusieron la metodología de modelado de información de propiedad BIM que pudiera soportar la cantidad de despegue de un elemento estructural para reflejar la función de estimación de costos de un edificio público. (Kwon, et al., 2011) sugieren formas de asegurar la calidad BIM para la cantidad correcta de despegue. (Koo, et al., 2008) proporcionan un modelo de proceso de coincidencia de elementos de trabajo para ayudar a los usuarios a reconocer de forma idéntica elementos de trabajo con diferentes expresiones para que pudieran volver a utilizar los costos unitarios históricos de los proyectos anteriores. (Ma, et al., 2010) establecieron un marco para el software de estimación de costos de construcción a base de BIM (CCE) que utiliza los estándares chinos. (Hartmann, et al., 2012) describen la implementación de herramientas basadas en BIM para apoyar las actividades del departamento de la estimación de una empresa de construcción en un gran proyecto de infraestructura. El modelo presentado en (Franco , et al., 2012) proporcionan un método intuitivo para incorporar costo (y multi-nivel) la estimación en la etapa temprana de diseño. (Jadid & Idrees, 2007) presentaron un enfoque conceptual de la estimación de costes de un esqueleto estructural utilizando

un algoritmo de automatización interactiva. (Ma, et al., 2010) proporcionan un marco de diseño para la construcción de software de estimación de costos basados en BIM. Un estudio comparativo de software de estimación de costes basados en BIM disponible en el mercado y una investigación de los cambios en las prácticas de trabajo y flujos de trabajo ocasionados por la adopción de este tipo de software por una empresa de construcción se presenta en (Forgues, et al., 2012) .

El foro (BIM, 2013) declara que las normas de especificación BIM durante las diferentes etapas de desarrollo de un proyecto son importantes para los gestores de los costos del proyecto y otros profesionales de la construcción para ayudar a definir sus necesidades de información durante las distintas etapas. (Smith, 2016) ha realizado un nivel de especificación de Desarrollo (LOD) que tiene un potencial de aplicación global. Es una referencia que permite a los profesionales para especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y fiabilidad de la información construcción de modelos (BIM) en diversas etapas del proceso de diseño y construcción. La Especificación LOD utiliza las definiciones LOD básicos desarrollados por el Instituto Americano de Arquitectos. Se define e ilustra características de los elementos del modelo de diferentes sistemas de construcción en diferentes niveles de desarrollo. Atendiendo a esto, (Mitchell, 2012) expresa que la estrategia de costes de un proyecto se desarrolla a lo largo de sus fases en la

fase de construcción BIM puede contribuir rápidamente con la estimación de costes:

- *Contratistas listas de cantidades con precios - LD 300*

Trabajar con el modelo de construcción (AIA LOD 300) en formato de Revit o IFC, en el inicio de la construcción, la 5DQS concede tasas y precios ofrecidos del contratista para que el archivo ejecutable. Los estados de mediciones del contratista, con los precios se presentan sobre una base comercial y la zona y establece la descripción de cada elemento (incluyendo los materiales específicos de construcción, acabados y especificaciones de servicios), la cantidad y el tipo de oferta. En algunos casos es necesario re-mapeo del modelo para crear enlaces más dinámicos entre las zonas de modelo y conjuntos específicos.

- *Las órdenes de cambio, variaciones y Pagos*

Los enlaces dinámicos significan que las variaciones y cambios de órdenes se pueden calcular de forma fiable, fácil y rápidamente cada vez que se produce un cambio en la información del modelo. Los pagos parciales también se calculan a partir del archivo ejecutable mediante el aislamiento de las zonas terminadas por el comercio y recompilar las cantidades a producir un cálculo del pago de progreso que es transparente y fácilmente interrogado. Durante la construcción del modelo evolucionará de LOD 300 a LOD 400 como se producen cambios en el sitio y se desarrollan planos de taller. La 5D QS permite la coordinación constante el modelo de construcción con los

contratistas, lista de cantidades y costos actualizados, la ejecución del presupuesto y las variaciones a través de cada etapa de la construcción.

- *Construcción del modelo de costes integrados - LOD 400*

A medida que avanza la construcción del modelo de información se cambia para producir los documentos revisados que son necesarios para el proceso de construcción - esta información se almacena en el software Modelo. La 5D QS también cambia la información de costos para reflejar la suma del contrato actual y los ajustes de costos y pagos que se producen durante la construcción - esta información se almacena en la herramienta de edición 5D BIM.

- *Datos de Costo As-Built y Gestión de Instalaciones - LO D 500*

Una vez se completa la validación y la sincronización entre el cómo incorporado (AIA LOD 400 o 500) del modelo, empuja a la 5D QS el proyecto conforme a obra los datos de costes en los parámetros de instancia de modelo. Se tiene cuidado de omitir los costos de construcción que no se efectúe de nuevo como la demolición de edificios preexistentes. Esta información de costos como incorporado está listo para ser integrado en el Sistema de Instalación de Mantenimiento y base de datos de FM para su uso durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Partiendo de esto y a modo de resumen la revisión de literatura acerca de los últimos avances, investigaciones y estudios realizados sobre el uso e implementación de la tecnología BIM en el control y seguimiento de costes mayormente plantean los siguientes aspectos en común:

- *El uso que están dando las compañías constructoras al BIM*

Un estudio realizado por la escuela de ciencias de la edificación de la universidad Aubur de Estados Unidos (Sattineni & Harrison Bradford II, 2011) consistió determinar cuál es el uso que están dando las constructoras americanas a los programas BIM, específicamente para identificar su papel en la estimación de costos. Este estudio fue realizado mediante encuesta a compañías constructoras estadounidenses. La selección de los participantes tomo en cuenta: el tamaño de la empresa (grande, pequeña o mediana), la ubicación y la descripción de los trabajos que realiza; la identificación de que programas BIM están siendo utilizados en la organización y la función de trabajo dentro de la organización del encuestado. El estudio concluyó en que el uso más común de BIM es para la visualización (siendo el uso más común entre las empresas pequeñas 55%), que es una de las funciones más básicas del Building Information Modeling. El segundo uso más común es el diseño y modelado arquitectónico. El tercer uso más común es la detección de colisiones (el 85% de las grandes compañías lo utiliza para identificar estas colisiones). El 52% de los encuestados usa BIM para estimaciones de costos. Dentro del estudio se pidió responder a los encuestados si BIM ha disminuido la cantidad de tiempo necesario para la estimación de costos. Sólo cuarenta y ocho por ciento de los participantes dijo que BIM ha disminuido la cantidad de tiempo necesario para la estimación de costos. También se pidió a los encuestados responder si BIM ha mejorado la calidad de la estimación, el

sesenta y nueve por ciento estableció que si ha mejorado la calidad de la estimación. Sin embargo, menos de treinta por ciento de los contratistas generales más grandes seleccionan que BIM ha mejorado la calidad de la estimación. Todos los contratistas generales de tamaño medio seleccionaron que BIM ha mejorado la calidad de la estimación. Una de las conclusiones más relevantes de este estudio establece que el aspecto más desafiante para la ejecución de Building Information Modeling es el cambio cultural dentro de la empresa y que además hay otro aspecto importante para la implementación de un nuevo software BIM de estimación que es la confianza del estimador en la automatización. Al a vez los investigadores (Whyte, et al., 2002) sostienen que los diseñadores y contratistas están adoptando herramientas BIM lentamente en comparación con la adopción temprana de CAD 2D.

Algunos argumentan que las nuevas tecnologías (BIM y en particular) ofrecen una oportunidad para el cambio de paradigma de las prácticas de trabajo de construcción (CURT, 2005), mientras que otros sugieren que la adopción exitosa de BIM requiere cambios en las tecnologías para adaptarse a la labor actual de los miembros de equipo (Hartmann, 2008). Del mismo modo, los resultados de una encuesta realizada por (Howard & Björk, 2008) indicó que soluciones BIM parecen tan complejos que pueden necesitar ser aplicada inicialmente en áreas limitadas.

- *El uso limitado de las funciones del BIM para el control y seguimiento de costes*

Las explicaciones del porqué del uso limitado de las funciones del software atienden a diferentes perspectivas. Debido al proceso de asimilación y cambio de tecnología algunos autores justifican el uso inicial del BIM de forma focalizada. En esto concluyen (Hartmann, et al., 2008) en su estudio, donde la mayoría de los proyectos han aplicado modelos 3D / 4D para el área de sólo una aplicación en una fase del proyecto a través de 26 estudios de caso en los principales proyectos de construcción y la mayoría se encuentra en la fase de diseño. Análogamente (Shafiq, et al., 2013) postulan que la coordinación se limita a la visualización y detección de conflictos.

En otro orden (Mitchell, 2012) establece que en muchos proyectos el modelo BIM está muy por debajo de su potencial debido a datos incompletos y / o incorrectos. Las razones de esto son numerosas, pero las principales razones evolucionar en torno a si los honorarios de diseño incluyen provisión para la entrada de datos completos y detallados, y si el equipo de BIM tienen la experiencia / conocimiento / información para introducir la información necesaria en el modelo. Para aprovechar completamente los beneficios potenciales de los modelos BIM, los modelos deben ser ricos en información con los datos completos y exactos. Esto requiere mucho tiempo y experiencia por parte del equipo de modeladores BIM. (Mitchell, 2012) realizó un estudio de las compañías constructoras de Australia que donde se concluye en lo siguiente: generalmente no se está logrando el potencial completo de modelos BIM. Los objetos en modelos carecen habitualmente los datos de

fondo que se requiere para los gestores de los costos del proyecto y otros profesionales de la construcción de aprovechar plenamente los beneficios que el modelo tiene la capacidad de proporcionar. Esto requiere datos completos y precisos para ser introducida por el personal con los conocimientos necesarios, experiencia y conocimientos.

Incluso, visiones más modernas, vanguardistas y futurista proyectan la demanda laboral que implica este cambio de tecnología para los gestores de costos. (Mac Muzvimwe, 2018) describe el valor del gestor de coste en ser capaz de simular y explorar varios escenarios de diseño y construcción para el cliente en tiempo real a través de tener sus datos de costos y cantidades integralmente vinculadas en el modelo BIM vivo. Más aún (Mitchell, 2012) plantea la importancia para el profesional de la gestión de los costos del proyecto para abrazar la quinta dimensión y convertirse en actores clave en el entorno BIM - el'Gestor de los Costos del Proyecto 5D'.

- *El uso del BIM como herramienta de despliegue de cantidades (QTO) para la estimación de costes*

Para muchos y tal como afirman (Hartmann, et al., 2012) una de las tareas más útiles que se puede automatizar mediante el uso BIM es la cantidad despegue (QTO). Como señalan (SALMAN AZHAR & A.M.ASCE, 2011) el software BIM ha incorporado características de estimación de costos. Las cantidades de material se extraen automáticamente y se actualizan cuando se

realiza algún cambio en el modelo. (Plebankiewicz, et al., 2015) realizaron una investigación de un sistema de costes basado en las capacidades de un programa BIM para la extracción de las cantidades QTO. Con esta información trabajar en el programa BIMestimate. El objeto es demostrar la estimación de costes del BIMestimate directamente sobre la base de información del modelo BIM. (Programas de software de estimación de costos basados en BIM). Las cantidades son directamente transferidas desde el modelo BIM en un archivo IFC (También se establece la extracción de QTO desde la aplicación BIM Visión), después se revisan las unidades de medida de los artículos. Luego se extraen las cantidades a costar o precios unitarios del software de estimación. En el caso de un cálculo detallado, el procedimiento de cálculo debe tener en cuenta el cálculo preciso de los precios las obras de construcción. Por tanto, requiere un trabajo manual en la selección de los fundamentos fácticos (estándares de mano de obra y equipo, los estándares para el consumo de materiales), los precios de los factores de producción (mano de obra, materiales, equipos), y la determinación del nivel de los gastos generales, tales como costes indirectos, y el beneficio. La ventaja de un cálculo detallado, como en el caso de un cálculo simplificado, es la automatización de los cálculos de estimación de costos. Sin embargo, los pasos posteriores que consisten en la búsqueda de las obras en la base de datos a disposición de los precios y la valoración de los factores de producción, tales como mano de obra, materiales y equipo o la introducción de cálculos propios, debe ser

realizado por el estimador. A partir de esto los costos de cada artículo se calculan automáticamente. Estimar los costos directamente sobre la base del modelo BIM.

(Mitchell, 2012) establece que mientras hay un considerable debate y colaboración entre los diferentes compañeros de diseño a menudo 5D se reduce al simple trazado de lineal de "Cantidad Take Off" y se coloca la atención en la codificación por el diseñador con la expectativa de que más adelante el proceso de costeo se hará más fácil.

Este enfoque significa que varias oportunidades se pierden:

1. Los costes no se conocen hasta que el modelo alcanza LOD 300 o mayor (LOD 300 es la etapa intermedia entre la aproximación del diseño y la fabricación. Es llamada la etapa de la precisión)
2. El diseño en sí mismo no se ha probado en una etapa temprana de la eficiencia funcional o valorarse a partir de los costes elementales conocidas.
3. No existe un plan de costos integrado y el equipo de diseño no se proporciona con retroalimentación costo en tiempo real como el diseño progresa.
4. El proceso de cálculo del coste sigue siendo un ejercicio separado que no es transparente.

En la conclusión de su artículo Project cost management with 5D BIM (Smith, 2016) establece que generalmente no se está logrando el potencial completo de modelos BIM. Los objetos en modelos carecen habitualmente los datos de fondo que se requiere para los gestores de los costos del proyecto y otros profesionales de la construcción de aprovechar plenamente los beneficios que el modelo tiene la capacidad de proporcionar. Esto requiere datos completos y precisos para ser introducida por el suficiente personal con los conocimientos necesarios, experiencia y conocimientos y para los honorarios adecuados que debe proporcionarse a asegurar que esto ocurra.

- *El correcto uso del BIM para el control de costes a lo largo de desarrollo del proyecto*

Como sostiene (Mitchell, 2013) el objetivo 5D durante el diseño es crear un plan de costo de vida que proporcione un marco transparente para tomar decisiones tempranas de costos. El plan de costo de vida debe poder ser revisado y compartido (en un ciclo semanal / quincenal / mensual) usando la información del modelo actual. El objetivo de 5D durante la construcción también es proporcionar un marco transparente para el arrendamiento y la administración de contratos de construcción. El mapa modelo que creó el plan de costos se vuelve más detallado a medida que el Nivel de Desarrollo (LOD) del modelo se convierte en la base para el despegue de cantidades para el arrendamiento, la valoración de variaciones, órdenes de cambio y pagos de progreso durante el trabajo de construcción y reemplazo durante la operación

del edificio. El objetivo de 5D al finalizar es crear un modelo integrado de costos integrados que se pueda sincronizar con el sistema para transferir costos de reemplazo, fechas base, costos estimados de funcionamiento y mantenimiento.

Según (Wu, et al., 2014) la capacidad de las plataformas BIM para llevar a cabo la cuantificación automatizada de artículos, superficies y volúmenes de elementos de construcción no produce una estimación de costes. La aplicación de BIM en la estimación de costos es un proceso más amplio que simples mediciones automatizadas. (Eastman, et al., 2011) y (Autodesk, 2007) y Autodesk (2007) sugieren varios métodos para la estimación de costos BIM basada de la siguiente manera:

- Exportando cantidades de objetos de construcción para software de estimación: Se identifica por (Eastman, et al., 2011) que la mayoría de herramientas de estimación basados en BIM son capaces de exportar las cantidades a una hoja de cálculo o bases de datos externas, lo que permite la medición de cantidades a continuación, iniciar el trabajo de fijación de precios.
- Unir la herramienta BIM directamente con el software de estimación: Este enfoque se refiere a la utilización de software de estimación BIM tales como Tocoman iLink que son capaces de vincular directamente a las herramientas de diseño BIM tales como Revit a través de plug-ins ((Autodesk, 2007).

- El uso de herramientas de cuantificación BIM: Este enfoque se asocia con el uso de software especializado Cantidad despegue (QTO), por ejemplo, Autodesk QTO, Oficina de Vico, y Exactal CostX, que transfieren los modelos BIM y su información incrustada de herramientas de diseño BIM en su sistema. Al igual que en el enfoque anterior, estas herramientas pueden apoyar tanto la extracción automatizada y características de despegue manual. Pueden generar visuales despegar diagramas de tiempo que proporciona la visualización de modelos mediante el cual el aparejador puede marcar los componentes de la construcción el uso de colores que permiten a cotejar las listas de despegue y para ver qué componentes tiene o no se han incluido en la estimación (Eastman, et al., 2011)

En otro aspecto, la estimación de costos basada en BIM también presenta los siguientes retos, a pesar de su avanzada tecnología.

- *Modelos BIM subestándar e información inadecuada:* (Jellings & Baldwin, 2009) enfatizan la importancia de producir un modelo BIM correctamente configurado para derivar una estimación de costes o plan de costes significativo. Con frecuencia, los modelos BIM no se corresponden exactamente con las necesidades de los aparejadores en términos de calidad e información. Esto crea dificultades para los aparejadores en la gestión y la búsqueda de la información requerida dentro del modelo

para el desarrollo de las estimaciones de costos. Para resolver este problema, (Sabol, 2008) recomienda las necesidades de los "métodos y normas para apoyar el nivel de detalle de diseño requerida para estimaciones útiles" y un "marco" para mantener una entrada constante de información en los componentes BIM a lo largo etapas del proyecto.

- *Las cuestiones relacionadas con el intercambio de datos:* (Sabol, 2008) afirma que muchas aplicaciones de estimación BIM actualmente no admiten el intercambio bidireccional de datos. En consecuencia, cuando se ingresa nueva información en un modelo, la información de cantidades y costos puede recuperarse y actualizarse simultáneamente dentro del modelo (Sabol, 2008). La mayoría del software permite que solo las cantidades dentro del modelo sean transferidas y actualizadas constantemente durante los cambios de diseño, pero no la información de costos. Sin embargo, la naturaleza del vínculo entre un modelo y su base de datos varía según el tipo de software utilizado (Kymmell, 2008)

- *La falta de estandarización y el formato de fijación de precios inapropiado*: En la práctica, el problema más común que se plantea es que a pesar de que un inspector de cantidades puede recibir un desglose completo de las cantidades a través de las capacidades de automatización de BIM, rara vez se ofrecen en un formato adecuado para la fijación de precios. La BIM

adoptada actualmente se considera fragmentada y todavía no existe un estándar industrial para el vínculo entre el modelo y la estimación de costos (McCuen, 2009) indicó que la cantidad de información de diseño que las aplicaciones actuales de BIM pueden modelar es muy superior a lo que realmente se necesita para fines de estimación de costos en las fases preliminares del proyecto. Sin embargo, no es aconsejable que los diseñadores de modelos BIM incluyan tanta información como deseen, ya que tener información inadecuada en el momento incorrecto en un proyecto BIM terminaría en una toma de decisiones incorrecta y en una planificación de proyecto poco realista. Por lo tanto, es crucial determinar y delinear qué información se necesita para respaldar los primeros procesos de estimación de costos.

- *Calculo de costes sobre el modelo BIM*

En esta misma línea de estudio (Kougut & Tomana, 2011) señalan que es posible realizar una valoración estimada rápida (BIM Macro) en cualquier etapa del proyecto y no requiere de ningún conocimiento de cálculo de costes de los Diseñadores, solo hay que dotar de un listado de precios a la biblioteca BIM. Es básicamente un sistema de catálogo que incluyen precios unitarios, que permitirían obtener el precio de un elemento en particular. Con esto se podría obtener el estado de las mediciones descargado en formato IFC. Por lo tanto, el cálculo se basa en la asignación de precios unitarios correspondientes del estimador a trabajos particulares resultantes del alcance

de las obras especificadas en el modelo BIM. Esto se hace utilizando el precio consolidado en la lista asociada con la biblioteca de elementos BIM. Estos precios consolidados incluyen los costos promedio de los materiales, mano de obra y equipo. Conocer la cantidad de obras y precios consolidados es posible especificar el costo estimado de la construcción de forma rápida y sencilla, básicamente, sin tener que recurrir a los sistemas de estimación de costos complejos y sin el conocimiento de los métodos de estimación de costos detallados. Según (Zima, 2017) mucho se presta más atención a los despegues en relación con la tecnología BIM y posible la automatización del proceso de despegue basados en BIM. Por ejemplo, los autores (Gołaszewska & Salamak, 2017) describen el potencial de acelerar la preparación del estado de mediciones para las obras de construcción usando el software, y en (Drzazga, 2016) El autor concluye que el estado de mediciones se genera directamente desde el BIM y basta con añadir los precios unitarios para obtener una visión simplificada de los costos de construcción.

En resumen, la gestión de costes de un proyecto no es solo la realización de la oferta, sino que es una parte muy importante el seguimiento del control de los costes del proyecto en la medida de su avance y ejecución, así como también la realización de las certificaciones y valoraciones económicas del proyecto según lo realmente realizado, evidentemente en base a los precios unitarios iniciales. Es una función que ofrecen los programas BIM que no está siendo utilizada y de la cual se han realizado pocos estudios de casos.

3. DEFINICIÓN DEL ALCANCE

Con el fin de proporcionar una clara idea de las capacidades del modelado BIM para la realización de certificaciones de costos de proyectos de construcción en este trabajo se realizará un análisis de un caso de estudio. Se seleccionará un modelo y un programa BIM de evaluación. Se adquirirá la información del presupuesto y certificaciones del modelo. En este análisis se identificará, expondrá y explicará cuáles son las herramientas con las que el analista de costos puede contar para facilitar el proceso de realización de las certificaciones. Se detallarán cuáles son los requisitos con los que debe de cumplir un modelo, así mismo cuáles son sus restricciones y limitaciones. Se introducirán los datos necesarios. Se organizarán los datos del modelo para los fines mencionados. Se estudiarán e identificaran los informes por defecto que son propios del programa BIM seleccionado. Se generarán informes predeterminados. Se realizará un informe personalizado que sea ajuste más a las necesidades de la certificación. Se validarán los resultados de estos informes con la información real facilitada del proyecto. Se realizará el análisis sin la aplicación de algún software adicional de costos BIM. Se utilizará herramienta Excel externa para el análisis y procesamiento de datos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de estimación de costes inicia con la interpretación de la idea general o detallada del proyecto a partir del uso de dibujos, planos o modelos. De aquí el analista de costes identifica las cantidades, especificaciones, requerimientos y detalles a tomar en cuenta para realizar el acápite de materiales dentro del análisis. Así mismo, el análisis para la estimación de costes contempla la mano de obra, los equipos y las herramientas necesarias para llevar a cabo los trabajos. Este análisis, que es la base sobre la cual se fijan los precios iniciales del trabajo, se realiza por partidas específicas y se expresan, generalmente en alguna unidad de medida.

Un cálculo del coste para un proyecto de construcción se puede preparar en cualquier fase del proyecto con datos reales de ejecución esta estimación generalmente es realizada por el departamento correspondiente. Durante la realización del proyecto es una responsabilidad del departamento de costes comprobar y aprobar los pagos del trabajo realizado, esto se hace mediante las certificaciones o valoraciones de obra. Las certificaciones de obra son mediciones valoradas en base al presupuesto del proyecto donde también se incluyen las modificaciones que se han realizado en el transcurso de la obra. Las certificaciones deberán estar convenientemente revisadas y aprobadas tanto por el constructor como por el contratista. Estas valoraciones al igual que la estimación inicial de costos también están apoyadas en dibujos, planos y modelos actualizados según lo realmente ejecutado denominados dibujos, planos o modelos As-Built.

Hoy en día las tecnologías de estimación utilizadas por los constructores varían enormemente de contratista a contratista. Alguno todavía podría estar usando herramientas simples, tales como papel y lápiz, mientras que otros son más avanzados tecnológicamente y usan las computadoras para actividades tales como cantidad de despegue, cálculos, y la estimación de generación de informes y el uso de las tablas digitalizadoras para transferir las dimensiones de los elementos de construcción a partir del modelo. También, las plantillas de hojas de cálculo son ampliamente utilizados en la estimación por los contratistas.

4.1 Enfoque tradicional para la realización de estimaciones y certificaciones

La mayoría de empresas constructoras del sector trabajan con los dibujos producidos utilizando sistemas CAD 2D. Los dibujos asistidos por ordenador (CAD) desde hace mucho tiempo han sido una herramienta importante para ayudar arquitectos y los ingenieros en el proceso de ingeniería y diseño (Jrade & Alkass, 2007). Sin embargo, para el proceso de estimación de costes o certificaciones de obras estos dibujos son solo una herramienta que funciona para interpretar los trabajos, no añade ninguna otra función al proceso de valoración. No facilita ningún dato automatizado, sino que a partir de esta información el estimador extrae las cantidades necesarias para el análisis por el mismo. Dado que los sistemas CAD en 2D no contienen la construcción de propiedades de los

elementos, ha sido difícil desarrollar sistemas de estimación que puedan importar directamente la información de los archivos CAD.

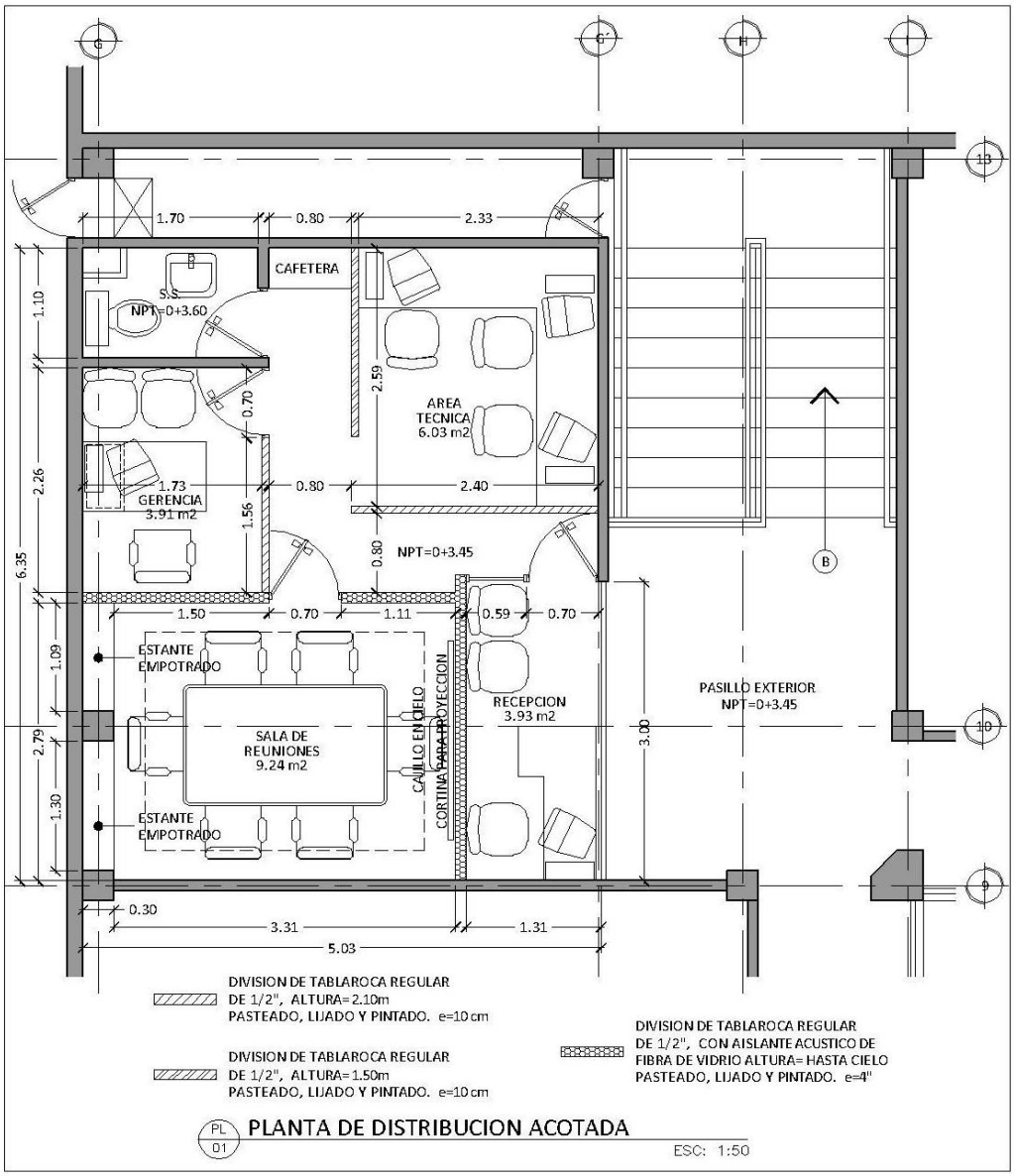


Figura (2): Representación CAD 2D de un proyecto

En general, el CAD es estrictamente una tecnología 2D con una necesidad específica para emitir una colección de líneas y texto en una página. Estas líneas no tienen significado, ya sea dentro de la computadora o en la hoja impresa. CAD tiene sus eficiencias y ventajas con respecto lápiz y papel, pero en realidad es sólo una simulación del acto de redacción. En miras a realizar una valoración en una

fecha específica, en la mayoría de ocasiones estos planos no se encuentran actualizados, es por esto los aparejadores se ven frecuentemente a realizar el proceso de medición en campo de los trabajos.

Otra tecnología que ha avanzado enormemente en los últimos años y puede ser empleado en la mejora del proceso de estimación es gráficos en 3D y visualización tecnología. El 3D CAD puede ser creado a partir de CAD 2D añadiendo profundidad y elevación al diseño. Básicamente el beneficio de CAD en 3D es la capacidad de visualizar la edificación; CAD 3D También se puede convertir en el sistema de animación y visualización donde los clientes pueden experimentar el diseño de los diferentes ajustes del proyecto desde diferentes ángulos y puntos de vista (Dzambazova , et al., 2007). Con esta herramienta es posible visualizar el edificio y permitir al estimador de interactuar con él. Esto le permite seleccionar elementos que deben incluirse en una estimación ya que entra en el interior del edificio. Pero al igual que el CAD 2D, no aporta alguna agilidad adicional al proceso de estimación o valoración de obras ya que la extracción de cantidades es un tanto limitada y la introducción de información relevante para el uso de costes no es del todo posible.

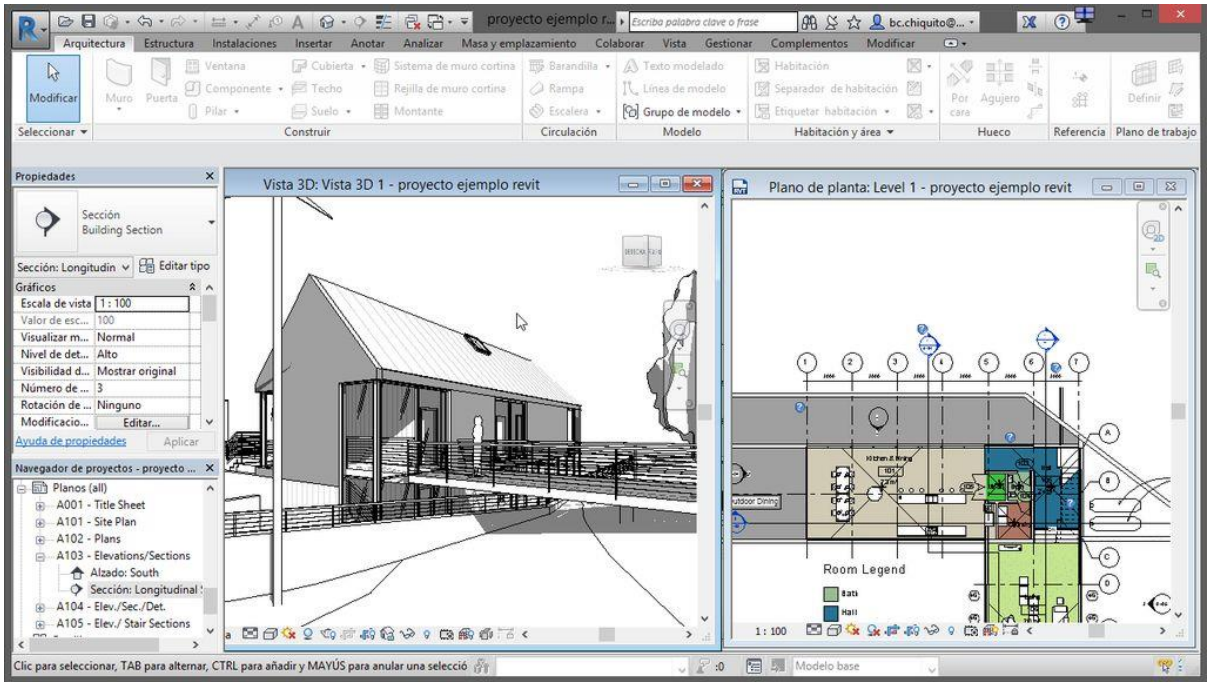


Figura (3): Representación modelo 3D

La información extraída ya sean del modelo 2D, 3D o de la medición en campo es digitalizada por el estimador en alguna plantilla de Excel o en algún programa de estimación de costes para generar análisis de costos, presupuestos o certificaciones.

A modo de resumen, se presentan los siguientes esquemas representativos del proceso de realización de presupuestos y certificaciones o valoraciones de obras con modelos 2D o 3D.

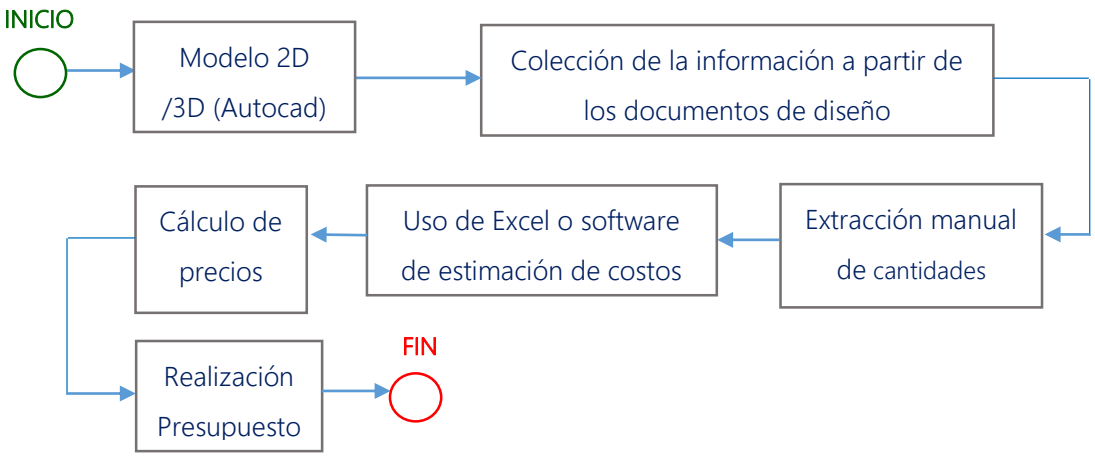


Figura (4): Representación proceso tradicional de estimación de costos

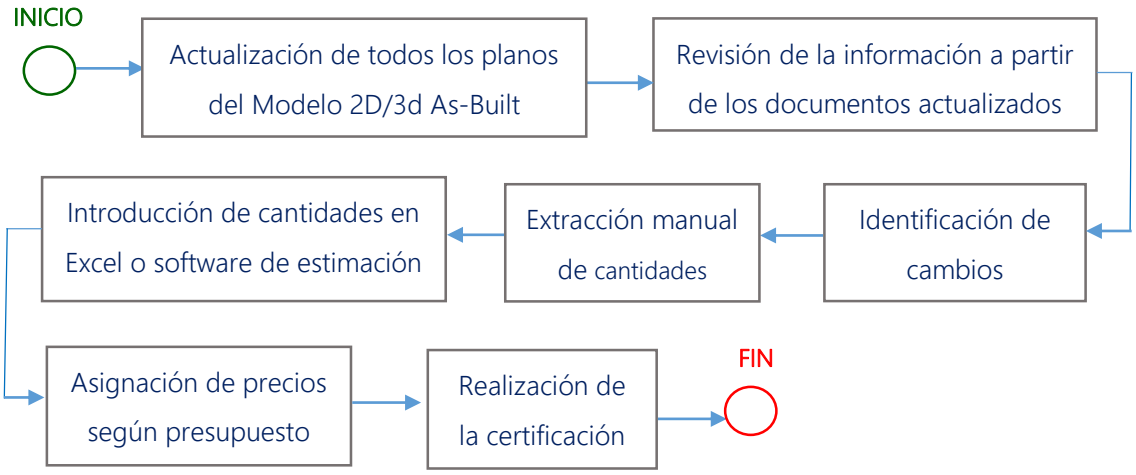


Figura (5): Representación proceso tradicional menos común de las certificaciones (Debido al consumo de tiempo y generación de errores en la actualización de los planos)

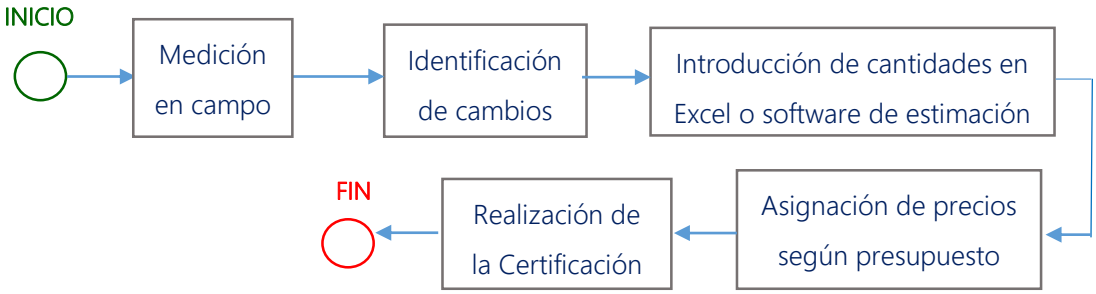


Figura (6): Representación proceso tradicional más común de las certificaciones

4.2 Enfoque moderno (BIM) para la realización de certificaciones

Aunque la mayoría de los planos y especificaciones actuales están en formato CAD 2D, tecnologías avanzadas han cambiado la forma en que se preparan los dibujos. BIM proporciona herramientas para crear la cantidad de despegue más rápido, mejor detallado, y estimaciones más precisas. Durante la construcción de un proyecto, los propietarios y los estimadores pueden entender más rápidamente el impacto de los cambios en el presupuesto global del proyecto. Al vincular el diseño del modelo a una aplicación de estimación, el equipo del proyecto puede acelerar el despegue cantidad y en general agilizar proceso de estimación para obtener retroalimentación más rápida en los cambios de diseño propuestos. Los contratistas que utilizan las propiedades de los modelos BIM para fines de presupuestos y certificaciones generalmente realizan la extracción de cantidades automatizadas, para posteriormente introducir estos datos en alguna hoja de cálculo o programa.

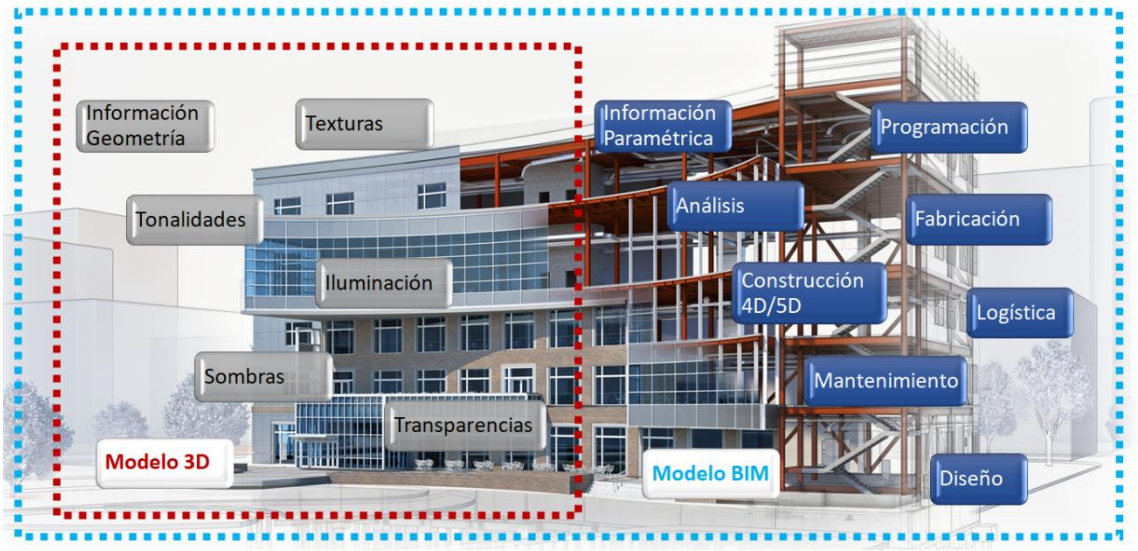


Figura (7): Representación modelo BIM y sus propiedades

Las cantidades se transfieren directamente del modelo (archivo IFC) o son extra añadido si es necesario para la estimación de costos. A medida que el modelo está basado en un objeto con información paramétrica, es más fácil para capturar las cantidades directamente del modelo BIM. Estos cálculos son más precisos con menos errores y omisiones. Los pasos básicos en esta fase incluyen: la adopción de las unidades de medida para los artículos particulares, elementos y obras, la extracción de cantidades a partir del modelo BIM y la transferencia de cantidades a costear en el software de estimación. A medida que los precios unitarios se calculan para todos los artículos, los artículos tienen un precio de forma automática. Los costos de todos los artículos se calculan automáticamente "sobre la marcha" sobre la base de precios adoptadas o computados. Una lista de los elementos que se estiman se crea automáticamente como registros en la aplicación de estimación de costos, lo que hace que sea listo para la valoración. Una valoración estimada rápida (BIM Macro) es posible en cualquier etapa del proyecto y que no requiere ningún conocimiento de cálculo del coste de los diseñadores. Para automatizar el Macro una valoración BIM necesita para calcular los precios combinados que están relacionados con la biblioteca BIM. Para asegurar un acuerdo entre los elementos de la biblioteca elemento de BIM y la lista de precios o de un conjunto de especificaciones, debe ser aplicado un sistema de clasificación.

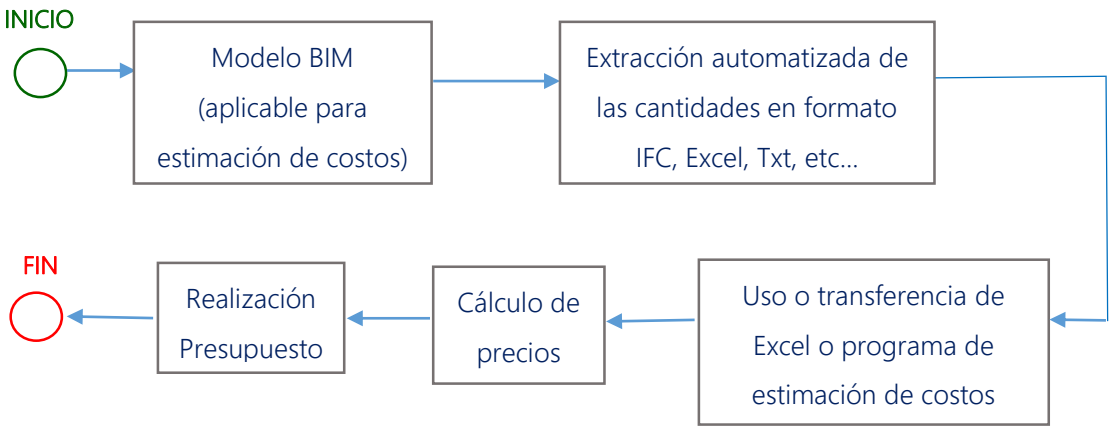


Figura (8): Representación proceso moderno de estimación de costos

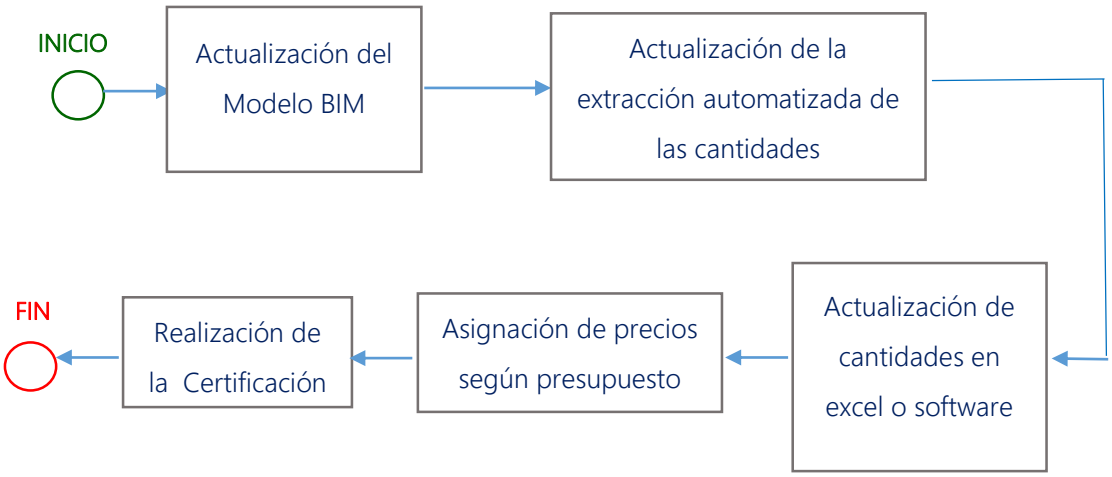


Figura (9): Representación proceso moderno más común de las certificaciones

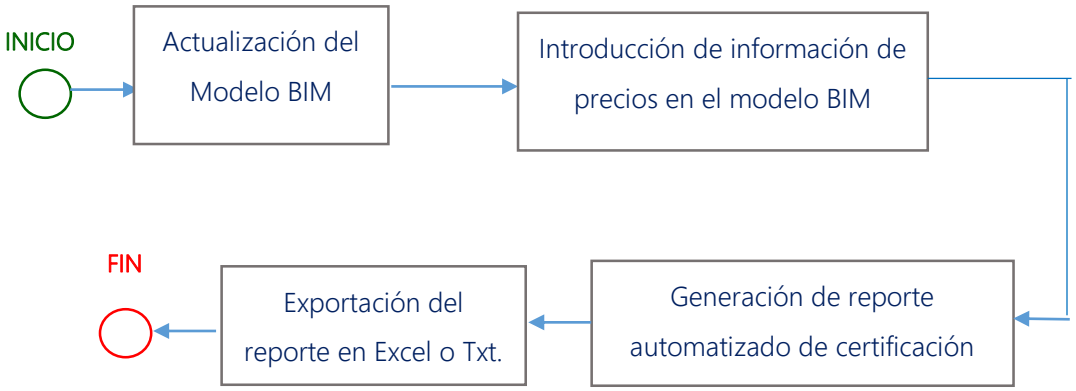


Figura (10): Representación proceso moderno más práctico de las certificaciones: ESTIMACIÓN MACRO (Configuración personalizada de los reportes que permiten algunos programas BIM)

4.3 Descripción del caso de estudio

El modelo seleccionado fue proporcionado por el departamento de Ingeniería de la compañía Ingeniería Estructural del Acero de República Dominicana. El proyecto NOVOPLAST-B6 consiste en el diseño estructural, la fabricación e instalación de un techo metálico para la compañía APLA dominicana de 695.00 m² de 8.00 m de altura que incluye la estructura de 2 puentes grúas longitudinales de 5 to. y uno transversal de 3 to. El techo se encuentra conformado por columnas y vigas principales tipo W. Los elementos secundarios de soporte del techo son cerchas metálicas conformadas por angulares, las riostras de pórtico con perfiles W y tubos redondos y riostras tipo cercha conformadas por perfiles W y angulares. Las vigas carrileras de los puentes grúas son perfiles tipo W. La cubierta del techo es en chapa pre lacada color natural cal. 26.

Es un modelo sencillo de interpretar, ya que el objetivo es facilitar la implementación de las herramientas y la comprensión de su uso de las mismas, además porque es un proyecto que ya ha sido realizado del cual se maneja la información necesaria de lo planificado y lo ejecutado desdé el pre diseño y la propuesta económica hasta el modelo final según lo realmente ejecutado y la certificación de cierre de obra. Datos estos que nos permitirán hacer una secuencia de análisis y al mismo tiempo una comparación del resultado.

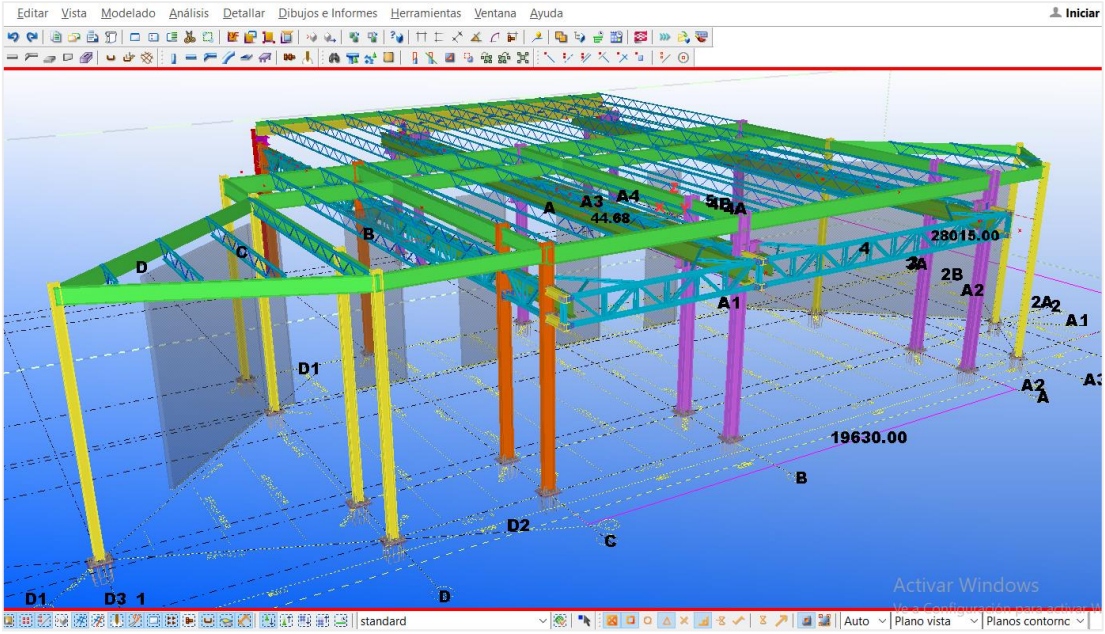


Figura (11): Modelo 3D del caso de estudio – Perspectiva 1

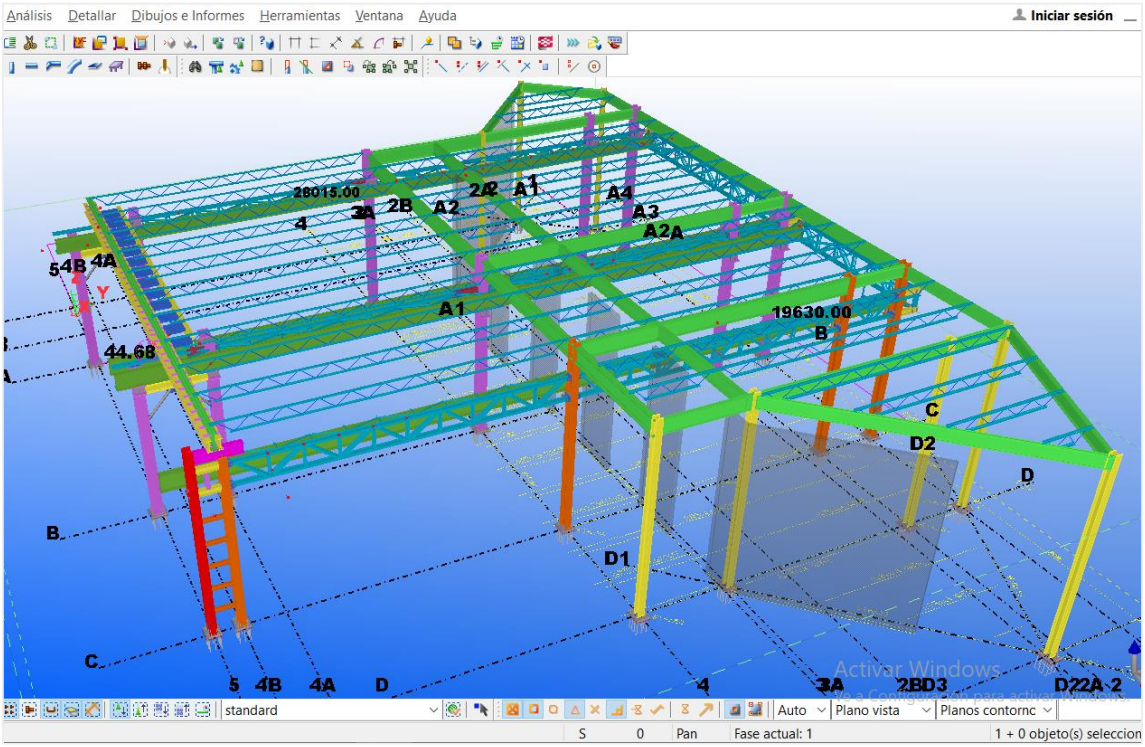


Figura (12): Modelo 3D del caso de estudio – Perspectiva 2

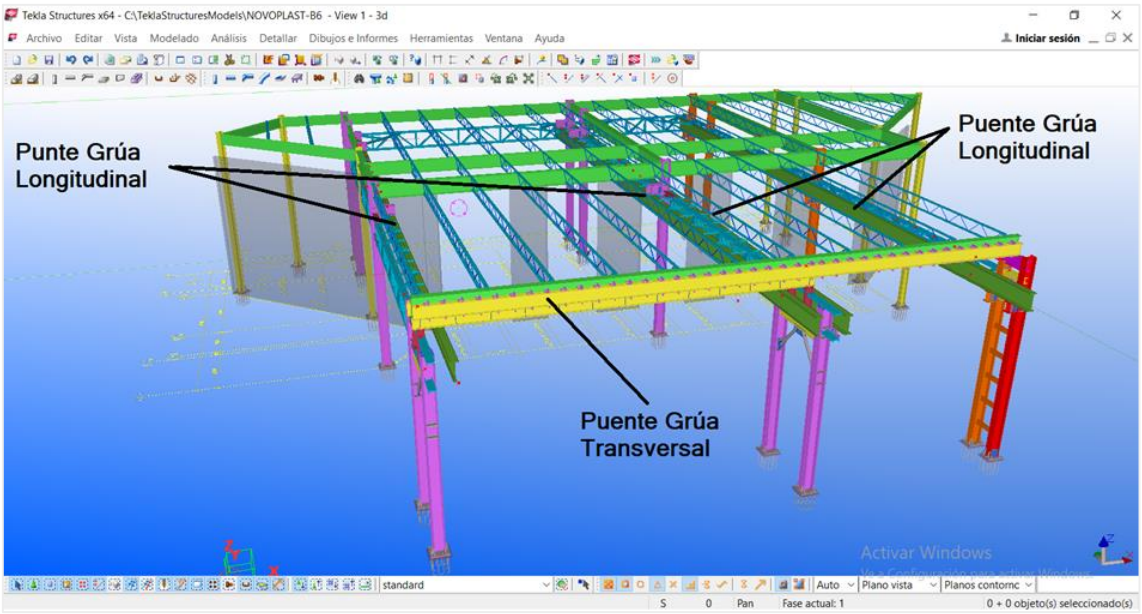


Figura (13): Modelo 3D del caso de estudio – Ubicación puentes grúas

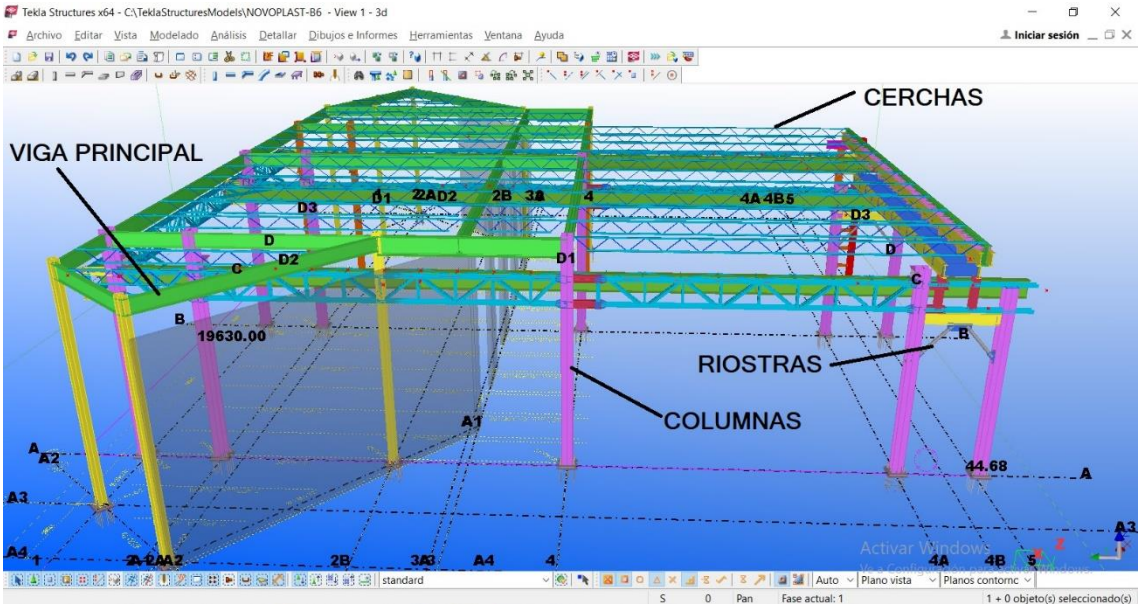


Figura (14): Modelo 3D del caso de estudio – Elementos

4.4 Selección y validación del software

El proyecto es de una estructura metálica, por lo tanto, se ha seleccionado uno de los softwares BIM con mayor aplicación en este tipo de industria a nivel mundial denominado TEKLA Estructure – Versión 20.0 realizado por Trimble, una empresa internacional que trabaja en tecnología relacionada con el posicionamiento para distintas industrias.

- Descripción general del software según (Cooperativa Caminos, 2018)

Tekla Structures Acero (anteriormente llamado Xsteel) es un software CAD/CAM basado en un modelo BIM 3D a partir del cual es posible realizar el diseño, ingeniería, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras: metálicas, hormigón in-situ y hormigón prefabricado. Tekla Structures no dibuja simples líneas sino directamente entidades paramétricas (vigas, columnas, placas, tornillos, losas, muros, armaduras) dentro de su modelo BIM 3D. Una vez modelada en 3D la estructura a construir, el programa es capaz de generar todo tipo de planos generales, planos de despiece y de fabricación, así como listados de materiales, piezas y tornillos. Toda esta información es en todo momento dependiente del modelo BIM 3D y por ello, ante cualquier modificación que se lleve a cabo en el modelo, todos los planos se actualizan al instante y automáticamente para reflejar la realidad.

El usuario puede en el modelo 3D:

- Visualizar modelos de Tekla (cualquier material y sección)
- Crear conjuntos metálicos (partes a soldar en taller)
- Crear uniones por defecto. Definir y detallar uniones metálicas
- Crear secuencias de montaje
- Ver el modelo con información 4D, el modelo 3D incorporando la planificación temporal
- División y gestión del modelo por fases
- Numerar el modelo de forma automática

El usuario puede extraer toda la información necesaria del modelo:

- Particularizar y parametrizar informes y cajetines.
- Generar dibujos generales o dibujos de proyecto (alzados, plantas, detalles 2D y detalles 3D, dibujos de montaje)
- Crear dibujos de parte (despiece) y dibujos de conjunto (dibujos de taller)
- Imprimir y disponer de planos e informes múltiples
- Crear informes (listas de conjuntos, de partes)

El usuario puede compartir información del modelo:

- Varios usuarios trabajando simultáneamente en el mismo modelo
- Conectar con otras soluciones informáticas. Interface de conexión
- Intercambiar datos (formatos CIS/2, enlace a sistemas CAM MIS)
- Exportar a máquinas CNC, formato DSTV
- Importar y exportar a otros sistemas vía enlaces (FEM, SDNF, XML)
- Importar y exportar datos vía IFC 2x2, 2x3 y vía la API abierta de Tekla Open API™
- Importar y exportar a soluciones gráficas 2D y 3D (DXF, DGN, DWG)

- Revisión de Literatura

Muchos son los artículos en los que el nombre de TECKLA Structures se hace mención. En la mayoría de ellos se realiza un recuento de los principales softwares BIM de mercado mundial, en otros se hacen las descripciones generales de estos programas. Así mismo, un sin número de artículos analizan casos de estudios orientados a investigar alguna de las capacidades del programa. A modo de resumen algunos de estos artículos orientados al foco de este trabajo son:

(Logothetis, et al., 2015) discuten la evolución y el estado de la técnica del uso de Building Information Modeling (BIM). En este artículo de revisión, tras un breve antecedente histórico, se presenta un resumen de softwares BIM actuales disponibles (comerciales y de código abierto) dentro de los cuales se menciona TeklaStructures y TeklaBIMSight como uno de los comercialmente más populares. Expresan que Tekla Structures tiene la capacidad de modelar estructuras que incorporan todo tipo de materiales estructurales y detallando; su capacidad para soportar grandes modelos y operaciones simultáneas en el mismo proyecto y con múltiples usuarios simultáneos.

(Sulankivi, et al., 2010) realizaron un proyecto de investigación BIM para el desarrollo de procedimientos de seguridad y uso de la tecnología BIM para la planificación de la seguridad, la gestión y las comunicaciones, como parte de la planificación 4D-construcción. El paquete de software de Tekla Structures fue

seleccionada para ser la plataforma principal de la investigación. Pruebas de funcionamiento relativos a 4D-características en el software de modelado seleccionado Tekla se llevaron a cabo para asegurar que el software se puede utilizar para la planificación de la seguridad y la visualización de los proyectos.

(Syed Firoz, S.Kanakambara Rao- K L University, India, 2012) presentan un artículo muy interesante de todas las propiedades que brinda la herramienta de TEKLA desde la perspectiva de Diseño e ingeniería, así como también de mantenimiento y desarrollo sostenible de un edificio metálico. Expresan la facilidad de la actualización de los datos del modelo y la rápida actualización de los informes extraídos del modelo.

(Porkka & Kahkonen, 2008) cubren los principios para alcanzar modelos de productos 4D. se consideran distintos enfoques en las aplicaciones actuales 4D comerciales. El documento también aborda los desafíos de los productos 4D. Uno de estos obstáculos es la estandarización, o más específicamente la falta de ella. Uno de los formatos de mayor potencial para el estándar de BIM es abierta Industry Foundation Classes (IFCS). Se discute el uso de IFCs para la programación y propósitos 4D. También se presentan enfoque específico de Tekla para del tipo de usuario en la planificación, ampliamente reconocido en la literatura. Soluciones: contener funcionalidades de programación y / o de apoyo importación de datos.

(Plebankiewicz, et al., 2015) Este documento proporciona análisis de la primera aplicación de la estimación de costes basado en BIM polaco. Para usar el modelo BIM y para beneficiarse de la tecnología BIM en el cálculo de costos, es necesario tener acceso a software y una base de datos de precios. Por lo tanto, se han estudiado las oportunidades funcionales y técnicas de usar BIM para calcular los costos en Polonia utilizando como software de análisis TEKLA Structure.

Según (del Caño, et al., 2007) la tabla mostrada a continuación recoge las principales características deseables para este tipo de sistemas, en las diferentes fases del proyecto. Tekla Structures incluye la mayoría de ellas. Destacando para nuestros fines las características en Obra.

Ventas: concepción de diferentes soluciones alternativas; estimación de costes y plazos; preparación y emisión de documentos para ofertas.
Diseño conceptual: establecimiento preliminar de geometría, de secciones estructurales y del material de cada elemento; realización de planos preliminares.
Análisis: cálculo y dimensionamiento; diseño de uniones.
Proyecto constructivo: detección automática de intersecciones / interferencias indeseadas; generación de planos de proyecto y de taller / obra; mediciones y presupuesto.
Prefabricación: conexión con los sistemas de planificación de la producción y de automatización de la fabricación; transmisión de datos necesarios para la fabricación; emisión de datos para facturación.
Obra: planificación general y por lotes, y su programación; seguimiento y control de avance y de órdenes de cambio; control de la configuración; emisión de datos para certificaciones.
Desactivación: emisión de documentos para el mantenimiento a lo largo del resto del ciclo de vida de la estructura.
Comunes a todas las fases: generación y gestión de modelos paramétricos; visualización estructural 3D y 4D; ingeniería simultánea; publicación de informes a través de la Web.

Figura (15): Características deseables para los sistemas de diseño estructural, en las diferentes fases del proyecto

Como anuncia (Trimble, 2018) el software Tekla brinda respaldo para coordinar la construcción, cuantificación y estimación de costos, y para la programación y seguimiento. La información del modelo que se desea construir será precisa, coherente y estará siempre actualizada.

- Algunos Proyectos a nivel mundial que han utilizado TEKLA Structure

Nam Ngiep 1 es un proyecto de energía hidráulica de 290 megavatios en Laos, que consta de dos represas y centrales. La central eléctrica principal, construida por Song Da 5 JSC, es el componente clave del proyecto. El equipo, motivado por cronogramas estrictos, decidió no utilizar dibujos en 2D. En su lugar, incorporaron el proceso BIM utilizando los softwares de Trimble, como Tekla Structures y SketchUp. Al utilizar el modelo constructivo, se extraer las cantidades de refuerzo con facilidad y precisión en un archivo de Excel para el contratista general. Las características de colaboración de Tekla Structures permiten que varios usuarios trabajen de forma simultánea en el mismo modelo, lo que mejoró significativamente la coordinación entre los miembros del equipo. Los ingenieros pudieron crear y actualizar toda la información fundamental en los modelos, y acceder a esta, incluida información exacta sobre los materiales, las cantidades y el avance de la construcción. (Trimble, 2018)

Donges SteelTeces una de las compañías de construcción de acero líderes de Alemania. Actualmente, están trabajando en la torre y la base de lanzamiento para el vehículo de lanzamiento Ariane 6 de la Agencia Espacial Europea, Ariane 6. "Para nosotros, era importante elegir una herramienta que sea estándar en la construcción de acero y permita una buena colaboración y un intercambio ininterrumpido de información con los socios del proyecto", explicó Thorsten Nicolay, director técnico en Donges SteelTec. (Trimble, 2018)

Estadio Nacional de Bakú: Este impresionante estadio con una capacidad para 69,870 espectadores fue construido en 18 meses. Este proyecto fue desarrollado por equipos de construcción en Azerbaiyán en 2015. La compañía de software Tekla usó la tecnología BIM para completar el modelado avanzado del estadio, permitiendo finalmente la coordinación de 4.500 trabajadores. El sistema de trabajo BIM colocó todas las especificaciones del proyecto y los dibujos del edificio en un solo lugar y los mantuvo actualizados en tiempo real (Trimble, 2018).

4.5 Materiales para el análisis

El material facilitado consta de:

- El presupuesto inicial y un modelo esquemático estimado

Este presupuesto trató de ajustarse lo más cercano a la realidad, pero entendiendo que no partió de un análisis estructural detallado, sino de un estimado. En su propuesta inicial contempla 625.00 m². En base a este presupuesto se fijaron los precios por peso, según el elemento estructural.

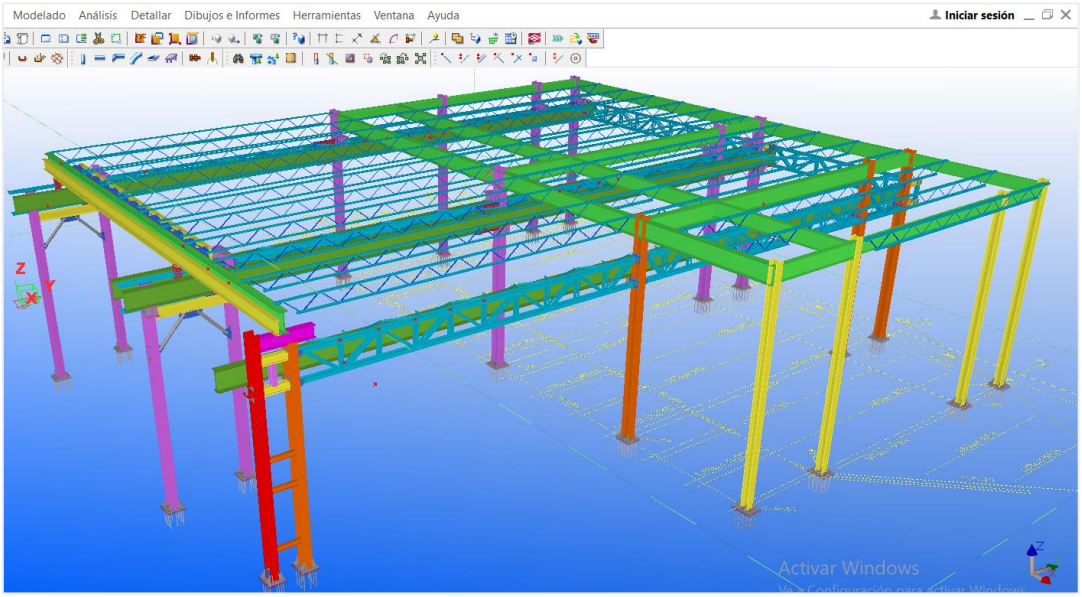


Figura (16): Modelo 3D del caso de estudio – modelo esquemático inicial

CLIENTE: ALPLA DOMINICANA
ATENCION: Ing. Federico, Lcdo. Varona
VIA: fmolina@jfrankenberg.com

PROYECTO: TECHO NOVOPLAST-B6
Santo Domingo, R. D

INGENIERÍA ESTRUCTURAL DEL ACERO, SF

- **Estructuras:** Edificios, Naves, Techos, Mezzanines, Parqueos, Pasarelas, Puentes
- **Depósitos:** Tanques, Silos, Tolvas, Volquetas, Remolq
- **Industriales:** Puentes Grúas, Moldes, Tuberías, Piezas
- **TELS**: 809-732-0436/ 809-922-8401 • **EMAIL**: datametal@gmail.com • **RNC:** 122029052

COTIZACIÓN 18-100
SEGUN ESQUEMA ADJUNTOS DEL 15-01-2018
ENERO 15- 2018

ESTRUCTURA METALICA TECHO NOVOPLAST-B6 , SANTO DOMINGO, REP. DOM.

NO.	DESCRIPCIÓN	PERFIL	PESO (LB/PIE)	LONG (MT)	PESO (KG/UD)	COSTO ($/KG)	PRECIO ($/UD)	CDA (UDS)	VALOR (RD$)
1	**COLUMNAS**								**1,805,580.86**
1.1	COLUMNA	W16X89	89.00	7.98	1,058.21	**98.60**	104,334.96	11	1,147,684.59
1.2	COLUMNA	W14X74	74.00	7.98	879.86	98.60	86,750.42	3	260,251.26
1.3	COLUMNA	W14X74	74.00	6.91	761.92	98.60	75,122.06	1	75,122.06
1.4	COLUMNA	W14X61	61.00	7.38	670.72	98.60	66,130.38	1	66,130.38
1.5	COLUMNA	W10X54	54.00	8.08	650.11	98.60	64,098.14	4	256,392.58
2	**RIOSTRAS COLUMNAS**								**1,387,173.18**
2.1	RIOSTRAS	PIPE4SCH40	10.79	1.38	22.26	**177.47**	3,951.29	4	15,805.17
2.2	RIOSTRAS	W12X26	26.00	2.68	103.85	**147.89**	15,358.42	2	30,716.84
2.3	RIOSTRAS	W6X9	9.00	1.02	13.70	147.89	2,026.14	3	6,078.41
2.4	RIOSTRAS	W8X31	31.00	1.02	47.19	147.89	6,978.91	2	13,957.83
2.5	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.45	12.50	698.02	**128.17**	89,468.93	3	268,406.79
2.6	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.45	14.49	809.15	128.17	103,712.38	1	103,712.38
2.7	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.45	2.26	126.20	128.17	16,175.98	2	32,351.96
2.8	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.45	11.84	661.17	128.17	84,744.97	2	169,489.94
2.9	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.45	10.39	580.20	128.17	74,366.57	1	74,366.57
2.10	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.45	12.05	672.67	128.17	86,219.42	1	86,219.42
2.11	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.45	7.14	398.49	128.17	51,076.02	1	51,076.02
2.12	VIGA RIOSTRA	W24X68	68.00	11.84	1,200.66	**108.46**	130,218.44	2	260,436.88
2.13	VIGA RIOSTRA	W24X68	68.00	5.24	531.24	108.46	57,615.86	1	57,615.86
2.14	VIGA RIOSTRA	W24X68	68.00	7.36	746.17	108.46	80,926.09	1	80,926.09
2.15	VIGA RIOSTRA	W24X68	68.00	12.37	1,254.09	108.46	136,013.01	1	136,013.01
3	**VIGAS DE TECHO**								**660,741.47**
3.1	VIGA	W21X44	44.00	12.27	804.91	**108.46**	87,296.95	1	87,296.95
3.2	VIGA	W21X44	44.00	7.36	482.82	108.46	52,363.94	1	52,363.94
3.3	VIGA	W21X44	44.00	3.67	240.75	108.46	26,110.82	1	26,110.82
3.4	VIGA	W18X35	35.00	5.25	273.95	108.46	29,711.82	1	29,711.82

Figura (17): Presupuesto inicial proyecto (1/2)

3.5	VIGA	W18X35	35.00	2.65	138.28	108.46	14,997.39	3	44,992.18
3.6	VIGA	W18X35	35.00	8.18	426.59	108.46	46,265.54	1	46,265.54
3.7	VIGA	W18X35	35.00	5.92	309.02	108.46	33,514.93	1	33,514.93
3.8	VIGA	W18X35	35.00	5.92	309.02	108.46	33,514.93	2	67,029.86
3.9	VIGA RIOSTRA	W21X44	68.00	24.87	2,521.37	108.46	273,455.43	1	273,455.43
4	**SOPORTE DE TECHO SECUNDARIO TIPO CERCHA**								**760,331.59**
4.1	CERCHA	2L2X2X1/8	10.63	10.83	171.64	**147.89**	25,385.19	13	330,007.42
4.2	CERCHA	2L2X2X1/8	10.63	3.67	58.19	147.89	8,605.55	12	103,266.54
4.3	CERCHA	2L2X2X1/8	10.63	12.68	201.04	147.89	29,732.51	11	327,057.62
5	**VIGAS CARRILERAS PARA PUENTE GRUA**								**1,981,669.44**
5.1	LONGITUDINAL	W24X94	94.00	29.76	4,170.73	**88.74**	370,094.35	4	1,480,377.41
5.2	TRANSVERSAL	W24X76	76.00	20.03	2,269.47	88.74	201,383.80	1	201,383.80
5.3	LATERAL-TRAN	W16X26	26.00	20.03	776.40	**118.31**	91,859.28	2	183,718.56
5.4	INFERIORES	W16X26	26.00	12.67	491.02	**118.31**	58,094.84	2	116,189.67
6	**ALUZINC EN TECHO**								**293,492.84**
NO.	**DESCRIPCIÓN**				**AREA (MT²)**	**COSTO ($/MT²)**	**PRECIO ($/UD)**	**CDA (UDS)**	**VALOR (RD$)**
6.1	ALUZINC COLOR NATURAL CAL. 26				625.00	469.59	293,492.84	1	293,492.84
								SUB-TOTAL GENERAL (RD $)	**6,888,989.39**
								10% DIRECCION TECNICA (RD $)	**688,898.94**
								18% ITBIS SOLO DE LA DIRECCION TECNICA (RD $)	**124,001.81**
								TOTAL GENERAL (RD $)	**7,701,890.14**
								***NOTA:** EL CLIENTE DEBERA DE REPORTAR EL SOLO EL 18% DE LA DIRECCION TECNICA	
A.-NOTAS									
A.1.- EL PRECIO INCLUYE CONEXIONES Y LA PINTURA									

Figura (18): Presupuesto inicial proyecto (2/2)

- El modelo final As-built

La estructura final realizada acabó cubriendo un área de 695.00 m² debido a que fue solicitada cubrir 2 áreas nuevas cercanas al techo (Ver figura 20). Una de 30.11 m² y otra de 39.73 m².

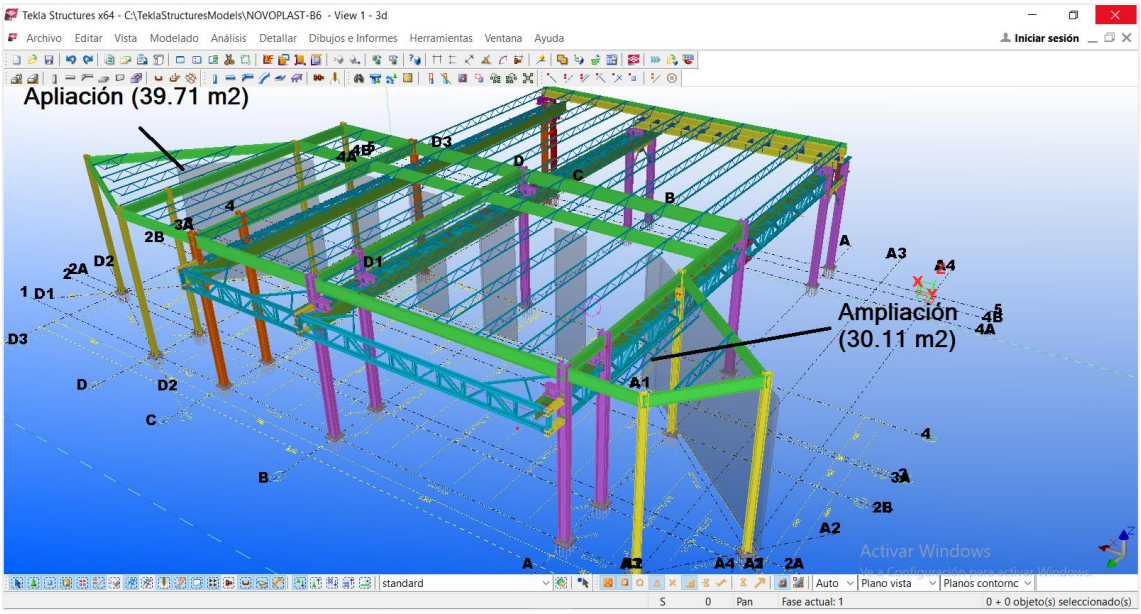


Figura (19): Modelo 3D del caso de estudio – Final As-Built

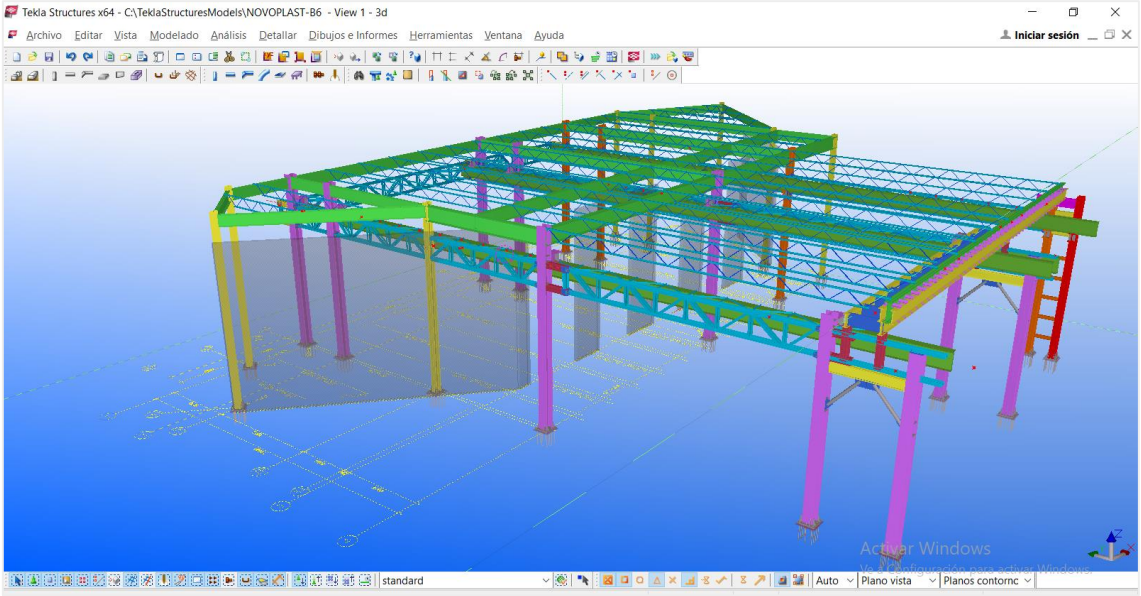


Figura (20): Modelo 3D del caso de estudio – Final As-Built

- La certificación intermedia 18-100-A, de la cual no hay modelo; sino que a partir del modelo final se hará el modelo de la certificación para proceder a analizar la capacidad del software BIM.

CLIENTE: ALPLA DOMINICANA
ATENCION: Ing. Federico, Lcdo. Varona
VIA: fmolina@jfrankenberg.com

PROYECTO: TECHO NOVOPLAST-B6
Santo Domingo, R. D

INGENIERÍA ESTRUCTURAL DEL ACERO, SF

COTIZACIÓN 18-100

- **Estructuras:** Edificios, Naves, Techos, Mezzanines, Parqueos, Pasarelas, Puentes
- **Depósitos:** Tanques, Silos, Tolvas, Volquetas, Remolq
- **Industriales:** Puentes Grúas, Moldes, Tuberías, Piezas
- **TELS**: 809-732-0436/ 809-922-8401 • **EMAIL**: datametal@gmail.com • **RNC:** 122029052

CERTIFICACIÓN A

MEDICIÓN EN OBRA DEL 15-03-2018

FEBRERO 19- 2018

ESTRUCTURA METÀLICA TECHO NOVOPLAST-B6 , SANTO DOMINGO, REP. DOM.

NO.	DESCRIPCIÓN	PERFIL	PESO (LB/PIE)	LONG (MT)	PESO (KG/UD)	COSTO ($/KG)	PRECIO ($/UD)	CDA (UDS)	VALOR (RD$)
1	**COLUMNAS**								**1,769,012.50**
1.1	COLUMNA	W14X90	90.00	6.82	915.12	**98.60**	90,226.90	10	902,269.03
1.2	COLUMNA	W14X74	74.00	7.98	879.86	98.60	86,750.42	3	260,251.26
1.3	COLUMNA	W14X74	74.00	6.90	761.26	98.60	75,056.79	1	75,056.79
1.4	COLUMNA	W14X61	61.00	7.38	670.72	98.60	66,130.38	1	66,130.38
1.5	COLUMNA	W10X49	49.00	8.08	589.92	98.60	58,163.13	8	465,305.05
2	**RIOSTRAS COLUMNAS**								**783,837.50**
2.1	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	12.50	696.44	**128.17**	89,265.58	3	267,796.74
2.2	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	11.84	659.67	128.17	84,552.36	1	84,552.36
2.3	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	2.65	147.64	128.17	18,924.30	1	18,924.30
2.4	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	2.26	125.92	128.17	16,139.22	2	32,278.43
2.5	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	11.84	659.67	128.17	84,552.36	2	169,104.72
2.6	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	10.39	578.88	128.17	74,197.55	1	74,197.55
2.7	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	12.05	671.14	128.17	86,023.46	1	86,023.46
2.8	CERCHA	W8X10 + 2L3	37.20	7.14	397.58	128.17	50,959.94	1	50,959.94
3	**VIGAS PRINCIPALES DE TECHO**								**732,420.12**
3.1	VIGA	W24X68	68.00	11.84	1,200.66	**108.46**	130,218.44	2	260,436.88
3.2	VIGA	W18X35	35.00	2.65	138.28	108.46	14,997.39	2	29,994.79
3.3	VIGA	W18X35	35.00	8.18	426.59	108.46	46,265.54	1	46,265.54
3.4	VIGA	W8X10	10.00	3.31	49.35	108.46	5,352.17	4	21,408.68
3.5	VIGA	W8X31	31.00	1.12	51.76	108.46	5,614.12	6	33,684.71
3.6	VIGA	W8X31	31.00	1.06	49.18	108.46	5,333.41	4	21,333.65
3.7	VIGA	W8X31	31.00	0.84	38.64	108.46	4,190.54	4	16,762.15
3.8	VIGA	W8X31	31.00	0.81	37.53	108.46	4,070.24	2	8,140.47
3.9	VIGA	W8X31	31.00	0.81	37.39	108.46	4,055.20	2	8,110.40
3.10	VIGA	W8X31	31.00	0.26	11.79	108.46	1,278.21	4	5,112.86
3.11	VIGA-Ampliación	W18X35	35.00	8.11	423.19	108.46	45,897.68	1	45,897.68
3.12	VIGA-Ampliación	W18X35	35.00	2.65	138.28	108.46	14,997.39	2	29,994.79
3.13	VIGA-Ampliación	W18X35	35.00	8.18	426.85	108.46	46,293.84	1	46,293.84
3.14	VIGA-Ampliación	W18X35	35.00	10.51	548.43	108.46	59,480.23	1	59,480.23
3.15	VIGA-Ampliación	W18X35	35.00	4.45	232.21	108.46	25,184.30	1	25,184.30
3.16	VIGA-Ampliación	W18X35	35.00	7.88	411.30	108.46	44,607.34	1	44,607.34
3.17	VIGA-Ampliación	W18X35	35.00	5.25	273.95	108.46	29,711.82	1	29,711.82

Figura (21): Certificación 18-100- A del proyecto (1/2)

4	**SOPORTE DE TECHO SECUNDARIO TIPO CERCHA**								**0.00**
4.1					0.00	147.89	0.00	0	0.00
5	**VIGAS CARRILERAS PARA PUENTE GRUA**								**0.00**
5.1					0.00	88.74	0.00	**0**	0.00
6	**ALUZINC EN TECHO**								**0.00**
NO.	**DESCRIPCIÓN**				**AREA (MT²)**	**COSTO ($/MT²)**	**PRECIO ($/UD)**	**CDA (UDS)**	**VALOR (RD$)**
6.1	ALUZINC COLOR NATURAL CAL. 26					469.59	0.00	**0**	0.00
6.2	ALUZINC COLOR NATURAL CAL. 26					469.59	0.00	**0**	0.00
6.3	ALUZINC COLOR NATURAL CAL. 26					469.59	0.00	**0**	0.00
								SUB-TOTAL GENERAL (RD $)	**3,285,270.12**
								10% DIRECCION TECNICA (RD $)	**328,527.01**
								18% ITBIS SOLO DE LA DIRECCION TECNICA (RD $)	**59,134.86**
								TOTAL GENERAL (RD $)	**3,672,932.00**

***NOTA:** EL CLIENTE DEBERA DE REPORTAR EL SOLO EL 18% DE LA DIRECCION TECNICA

A.- NOTAS

A.1.- LAS CONEXIONES SON ESTIMADAS EN PORCENTAJE

A.2.- ESTA CERTIFICACIÓN SE REALIZÓ CON LAS DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES INDICADAS EN LOS PLANOS ADJUNTOS.

A.3- CONSTUCCIÓN SEGÚN PLANOS ESTRUCTURALES DEFUINITIVOS APROBADOS POR EL CLIENTE.

Realizado Por:	Recibido Por:
Ing. Iraliz Cruz	Ing. Federico Molina
IEA Enc. Costos	**Cliente**

Figura (22): Certificación 18-100-A del proyecto (2/2)

5. ANÀLISIS CASO DE ESTUDIO

5.1 Revisión general del modelo

En términos generales un modelo realizado en Tekla para realizar una correcta extracción de datos es recomendable tener en cuenta las siguientes observaciones y/o especificaciones:

1- Al abrir el programa tener presente la configuración en que fue realizado el modelo, en este caso:
   - Entorno-US metric
   - Función-Steel Dealing
   - Configuración-Completo

Esto es importante ya que, si se usa otra configuración es muy posible que haya problemas en la visualización del modelo, identificación de los perfiles y posibles limitaciones o focalizaciones en el uso de las funciones del programa.

2- Debe de definirse las propiedades del proyecto: en el menú de archivos se encuentra la opción de propiedades del proyecto

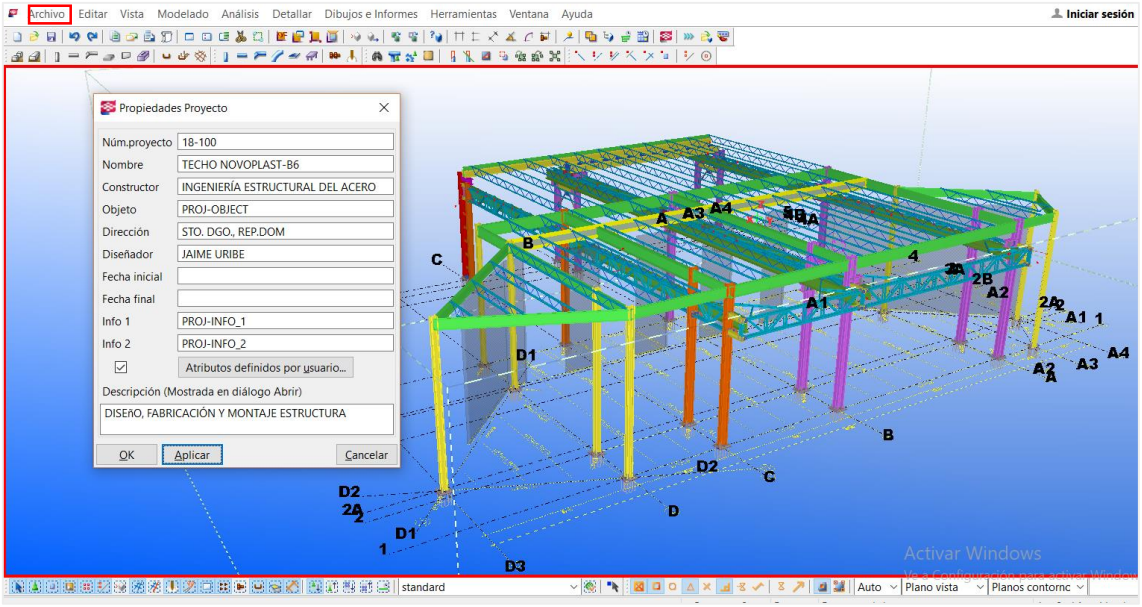


Figura (23): Propiedades del proyecto

3- Establecer la configuración de las unidades de medida adecuadas y necesarias para generar un informe entendible. En el caso de estudio la unidad de medida de la longitud de las piezas es en metro, pero de la opción más parecida que nos ofrece Tekla es milímetros, debido a que los modelos, planos y dibujos de estructuras metálicas de hacen al milímetro. La unidad de peso en este caso es Kilogramos, el precio es por unidad de peso. Hay que configurar al menos las pestañas de modelado y base de datos.

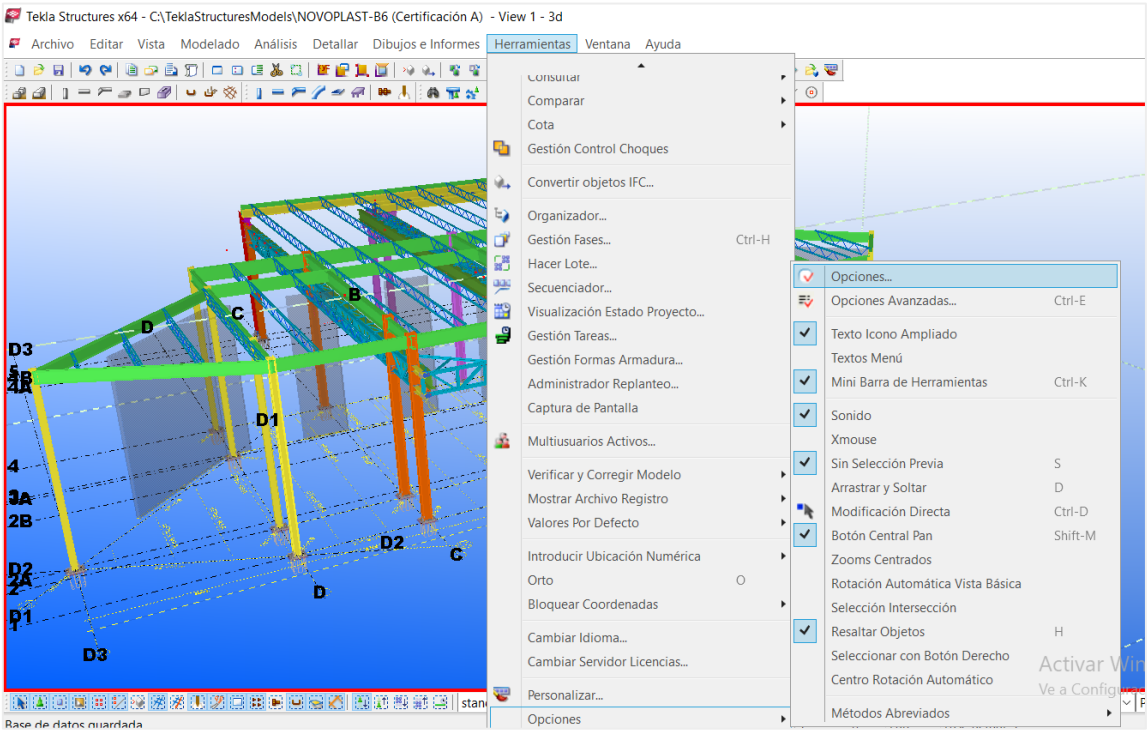


Figura (24): Configuración de unidades – Ubicación

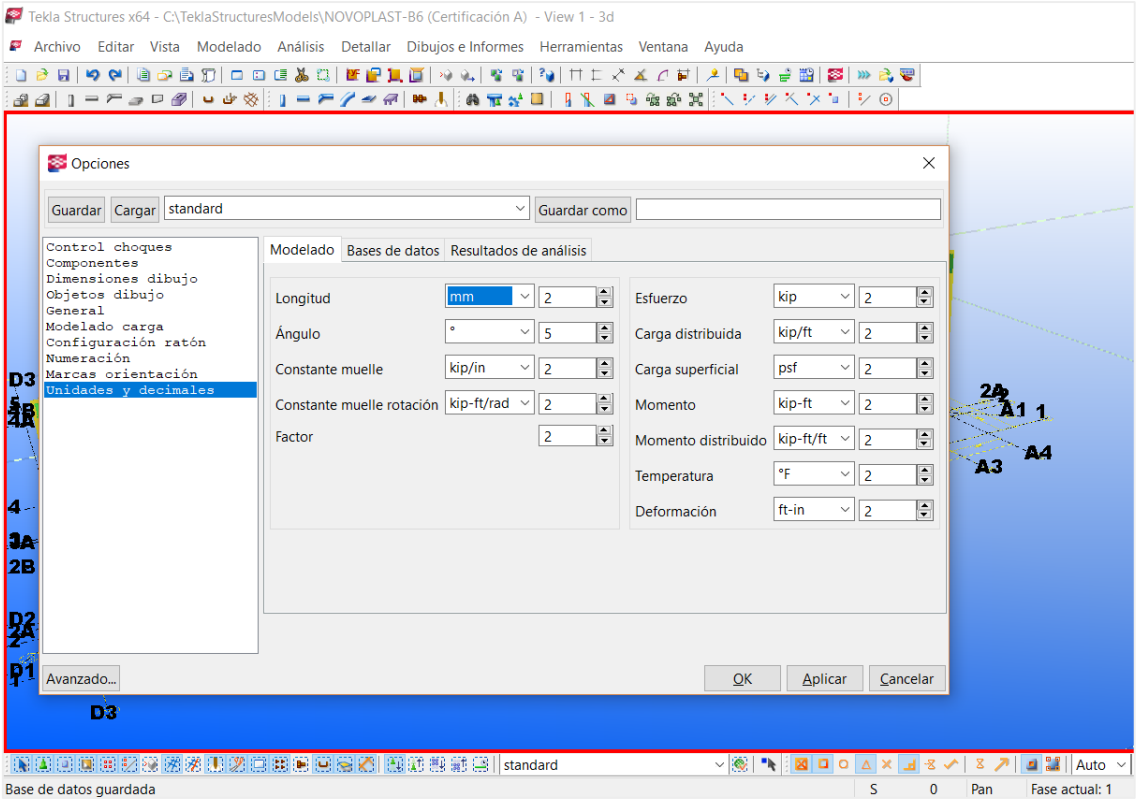


Figura (25): Configuración de unidades-En pestaña Modelado

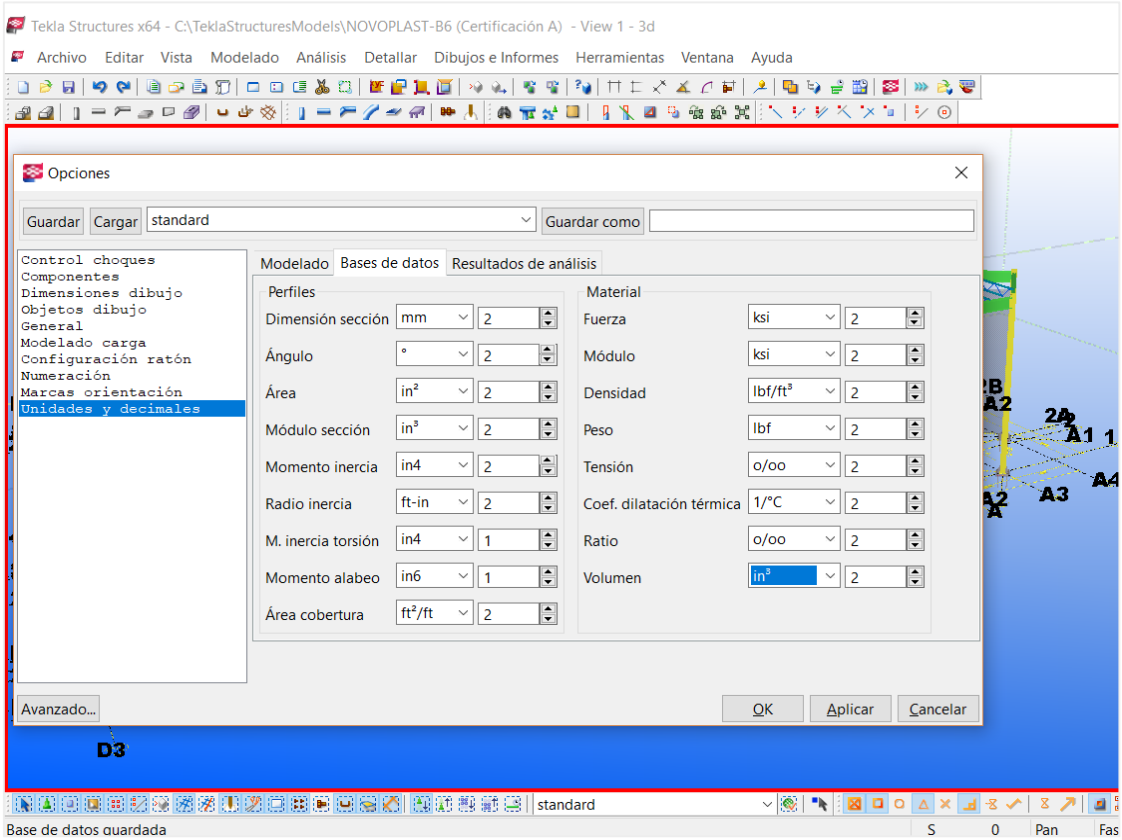


Figura (26): Configuración de unidades - En pestaña Base de datos

4- Debe de revisarse que el modelo a la hora de ser realizado contempló un nombre y secuencia de inicio de las piezas. Si hacemos doble click en las piezas se abre un cuadro de propiedades del elemento. La Parte tiene el prefijo BA Y número de secuencia iniciado por 1; El conjunto tiene el prefijo CM de (Columna Metálica) y el número de inicio de secuencia es 1.

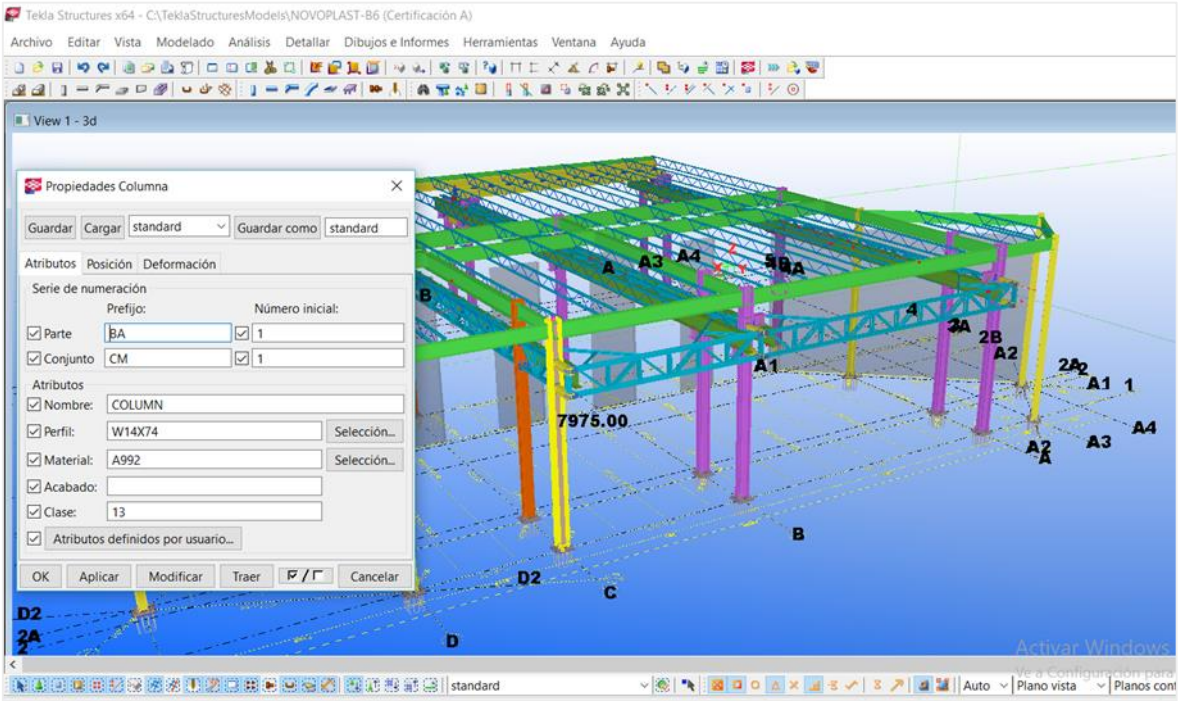


Figura (27): Verificación prefijo y número inicial de una columna metálica

Antes de crear dibujos o informes precisos, tiene que numerar todas las partes del modelo. La numeración es la clave para la salida para la producción, por ejemplo, dibujos, informes y archivos CN. Los números de parte son esenciales en las etapas de fabricación, envío y montaje de la construcción. Tekla Structures asigna una marca a cada parte y conjunto/unidad de colada de un modelo. La marca incluye el prefijo y el número de posición de la parte o el conjunto y otros elementos, como el perfil o la calidad del material.

Es útil identificar las partes con números para ver cuáles son similares y cuáles distintas. Las partes idénticas dentro de una serie de numeración tienen el mismo número. Es recomendable planificar la numeración en una fase temprana del proyecto. Si hay otros usuarios que utilicen el mismo modelo, es incluso más importante realizar un plan de numeración que sigan todos los participantes en el proyecto. Debe tener lista la numeración antes de crear los primeros dibujos e informes. Cuando se aplique la numeración, puede resultar útil numerar el modelo en fases, por ejemplo, primero la primera planta del edificio, después la segunda, etc. También es recomendable utilizar intervalos amplios para los números iniciales de modo que no se quede sin números dentro de una serie de numeración y que ninguna serie de numeración se solape con otra.

5- Las piezas deben de estar correctamente dibujadas: hay modelos que tienen piezas con cortes inclínanos en los extremos. Si estos cortes son realizados con el comando ¨Cortar parte con línea¨ esta crea un plano de corte que elimina uno de los extremos, pero solo visualmente, lo que quiere decir que esta parte, aunque no se ve, si es contada en el peso completo de la ´pieza, porque es como si estuviera oculta. Lo recomendable es usar otro método de corte ya sea con el comando ¨Adaptar extremo parte¨ o ¨Partir¨ para obtener el peso real de la pieza.

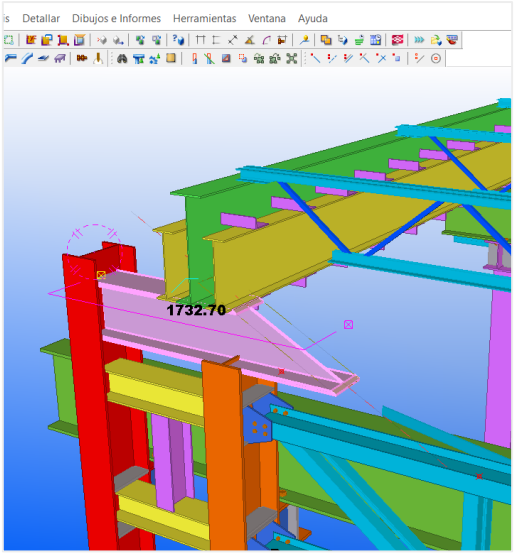


Figura (28): Corte Pieza - Cortar parte con línea

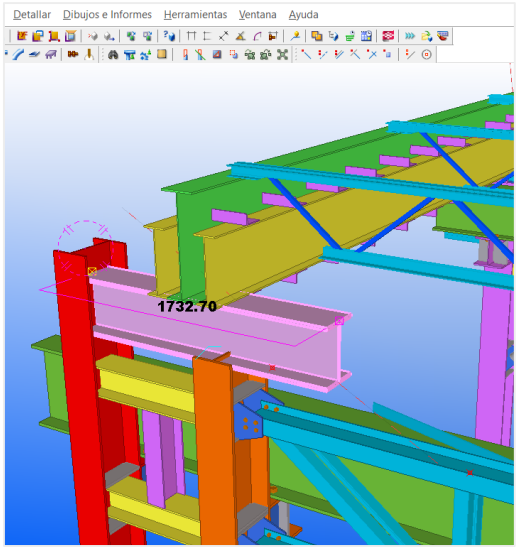


Figura (29): Eliminación del plano de corte

6- El modelo en general deberá de estar numerado mediante la herramienta de numeración automática.

7- Es recomendable para su correcta interpretación definir atributos de fases.

5.2 Visualización y Herramientas

Este apartado tiene por objeto mostrar cuales son las herramientas más importantes que pueden ser aprovechadas por el gestor de costos para el manejo, visualización y gestión del proyecto en miras a la extracción de la información para la certificación.

- Visualización:

1- Formas de visualización del modelo

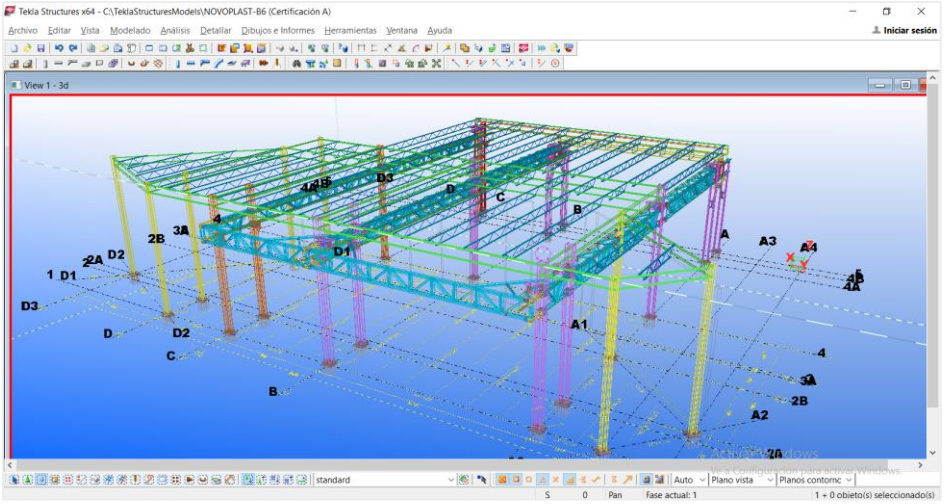


Figura (30): Visualización transparente (control + 1)

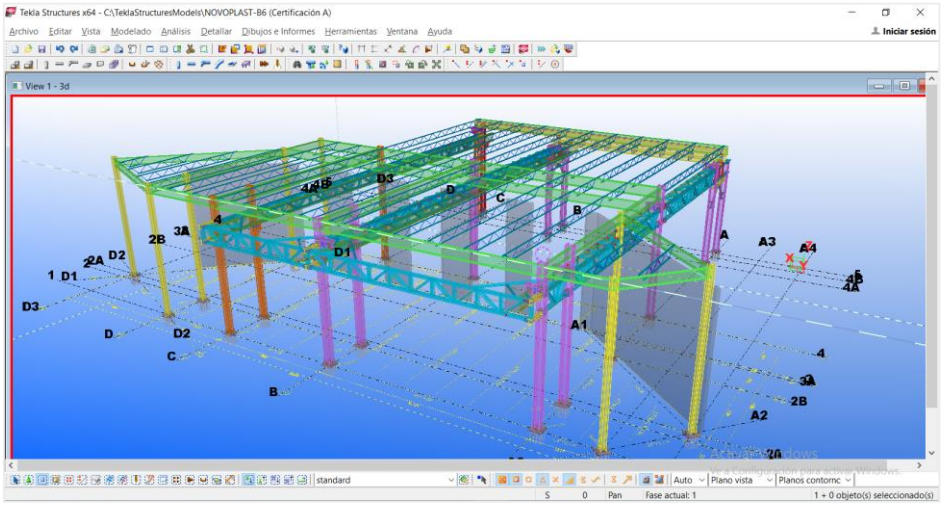


Figura (31): Visualización intermedia (control + 2)

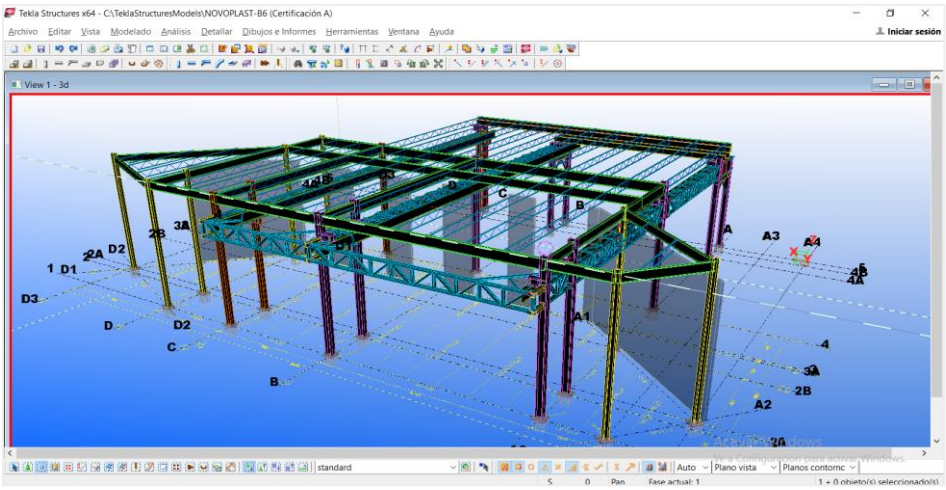


Figura (32): Visualización oscura (control + 3)

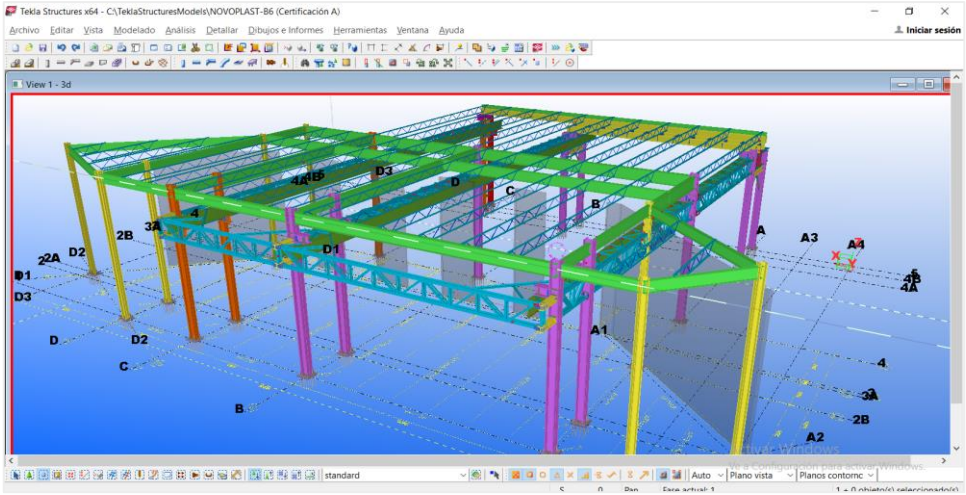


Figura (33): Visualización sólida (control + 4)

2- Creación de Vistas: muy útil para alcanzar a entender las piezas cuando el proyecto es grande o complejo.

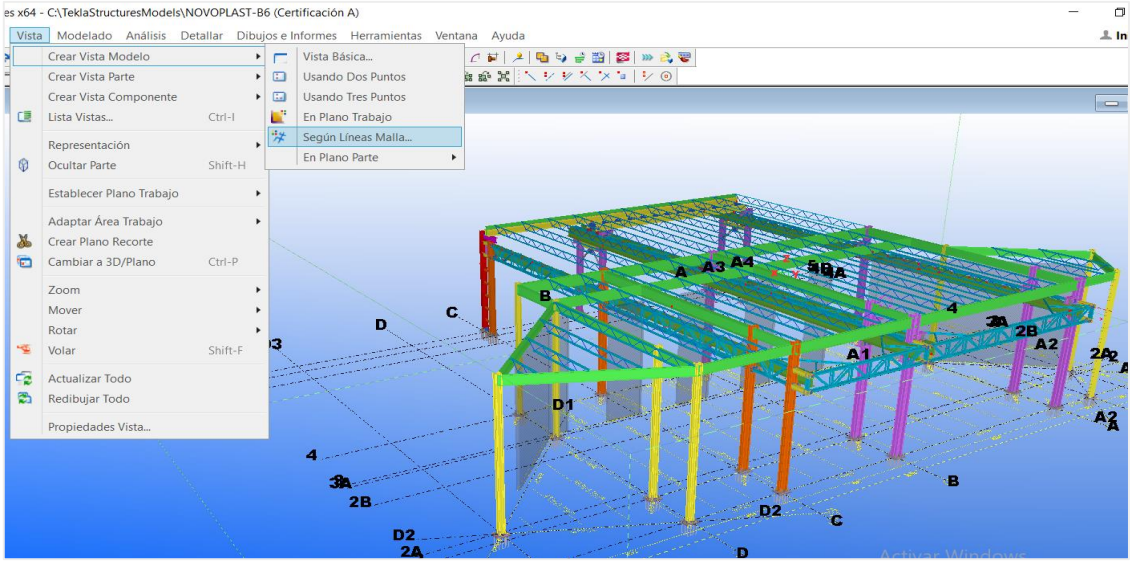


Figura (34): Ubicación comando creación de vistas a partir de los ejes de la malla

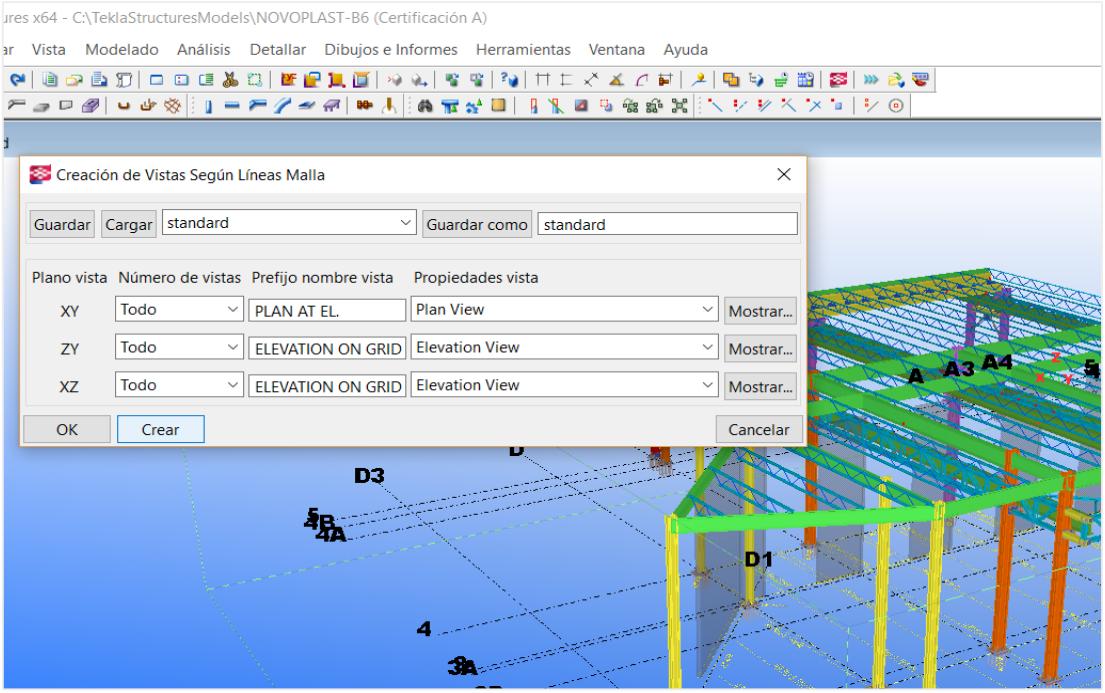


Figura (35): Selección de vistas

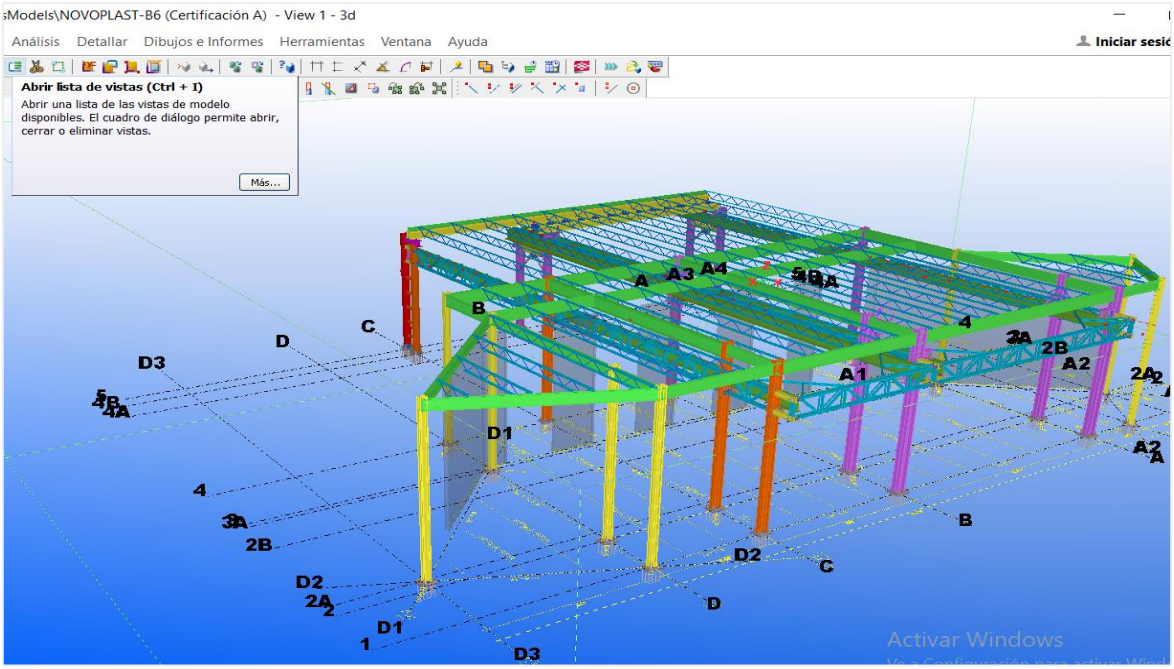


Figura (36): Comando para abrir lista de vistas

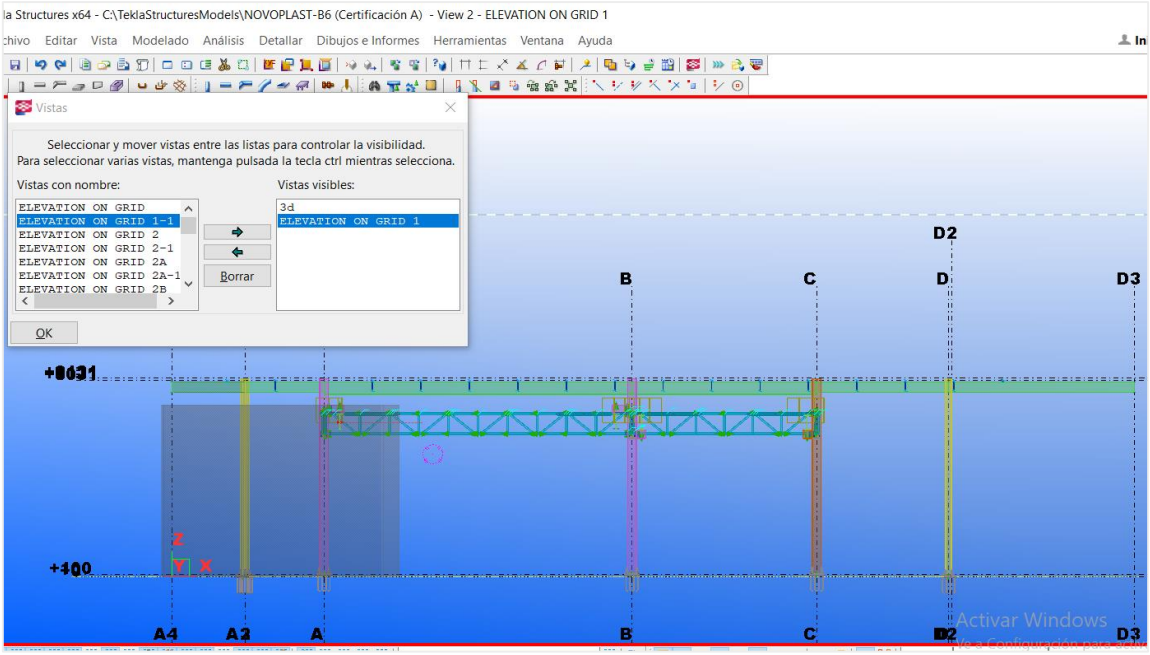


Figura (37): Apertura vista creada en el eje 1

3- Creación de múltiples planos de corte: los planos de recorte permiten centrarse en los detalles necesarios en el modelo. Puede crear hasta seis planos de recorte en cualquier vista render de modelo.

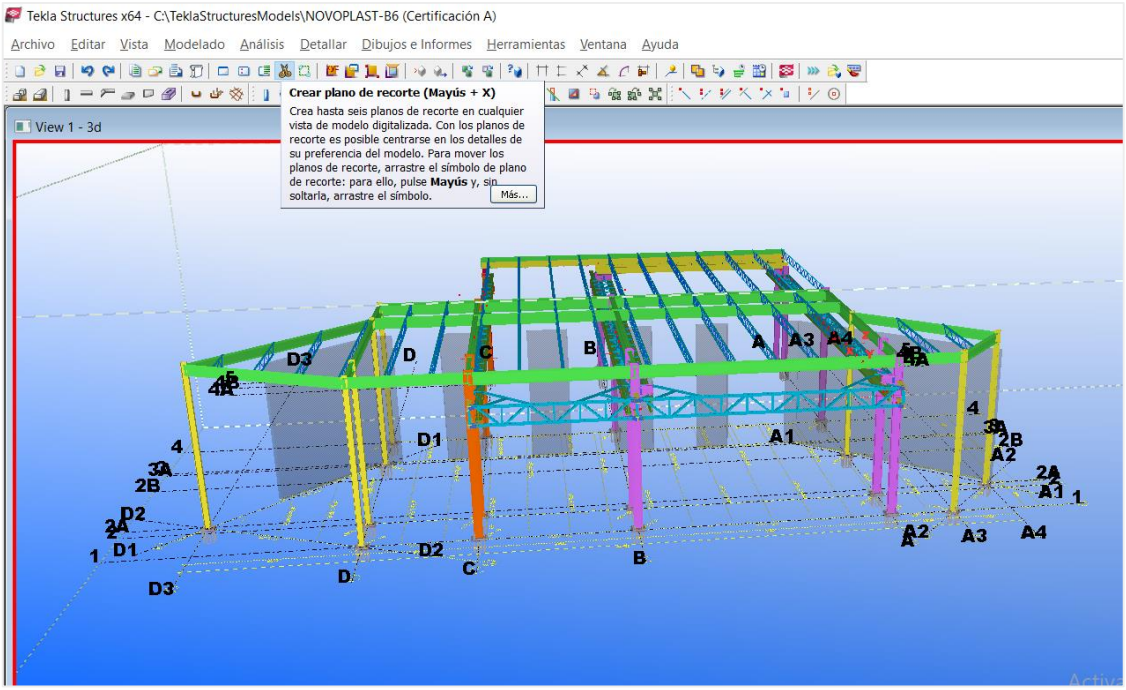


Figura (38): Comando para la creación de plano de recorte

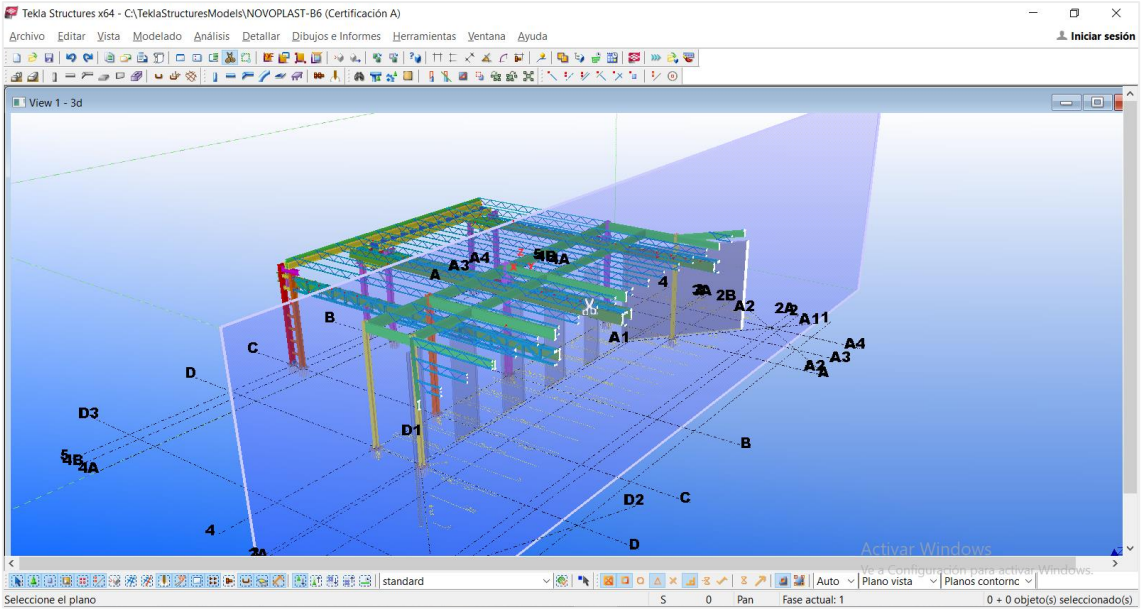


Figura (39): Plano de recorte creado y arrastrado a lo largo del modelo

4- Otras herramientas de visualización más común: rotar el modelo, zoom, mover, volar por el modelo

➢ Herramientas software para el manejo del modelo:

1- Uso de filtro: una de las herramientas más importantes de visualización debido a la gran cantidad de opciones de filtros que brinda el programa. Ejemplo mostrar solo las piezas que son del perfil W18X35.

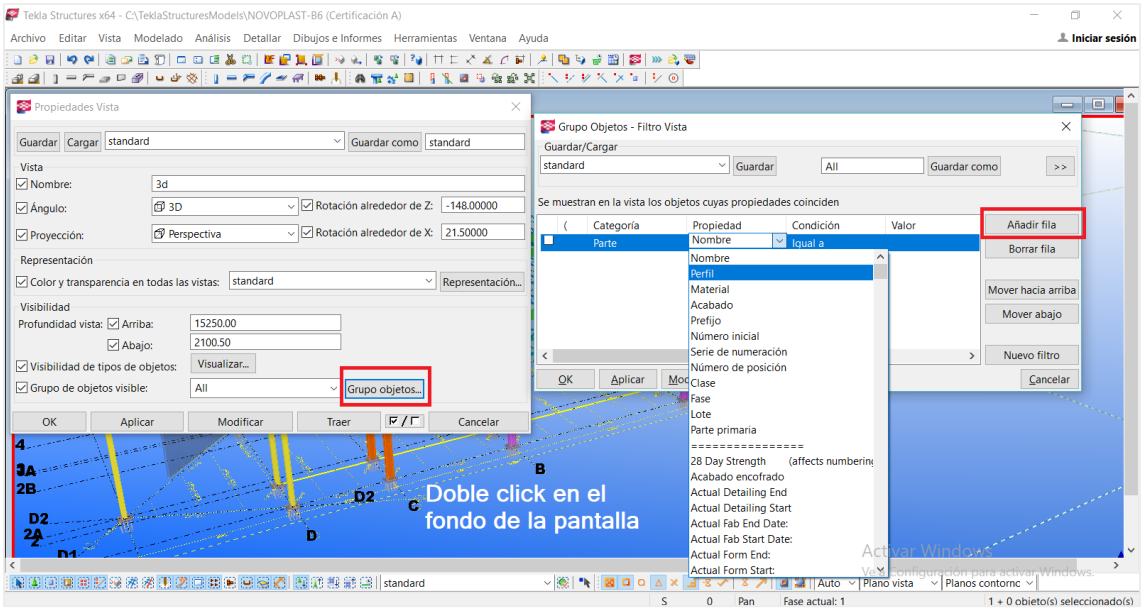


Figura (40): Comando de creación de filtros

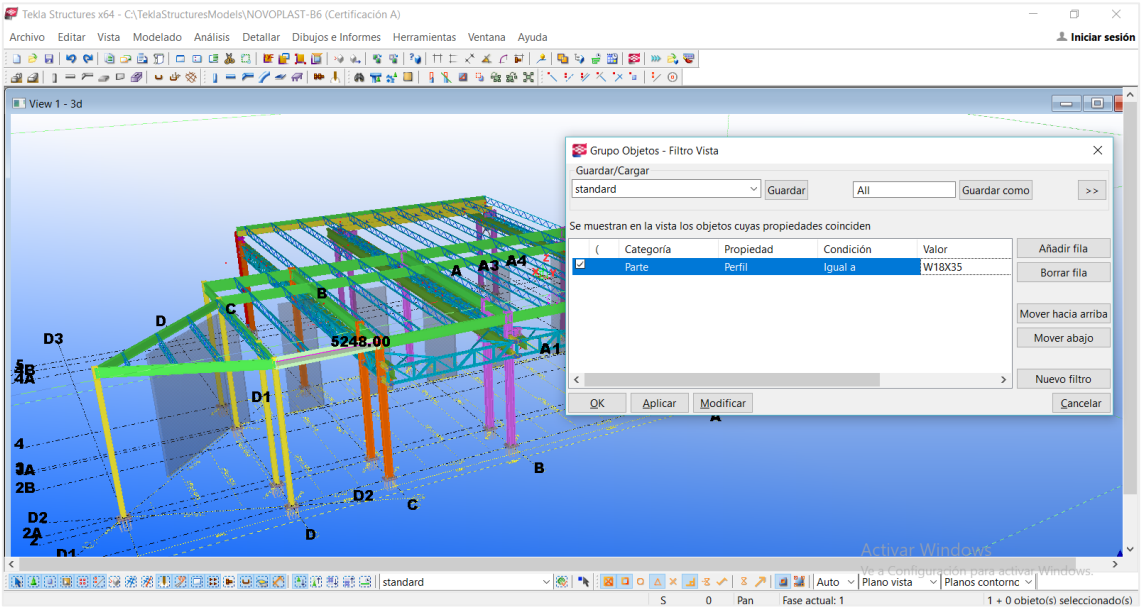


Figura (41): Ejemplo de la creación de un filtro añadiendo una fila, seleccionando la propiedad (perfil), identificación la condición (Igual a) y tomando del modelo el perfil de la pieza seleccionada.

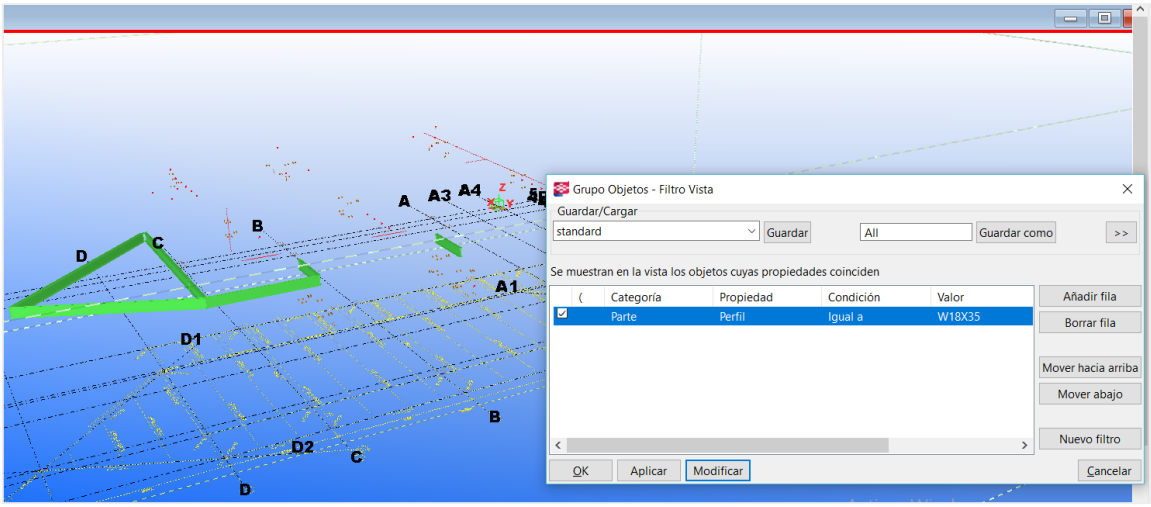


Figura (42): Aplicación del filtro mediante la opción modificar. Visualización de las piezas del modelo que tienen el perfil seleccionado (W18X35)

2- Dividir por fase de los elementos del modelo: dentro de los atributos definidos por el usuario de la pieza la pestaña de Modeling Worflow, brinda la opción de User Phases para sub-dividir el proyecto y usar los filtros para ver, estimar e identificar las piezas según la fase deseada.

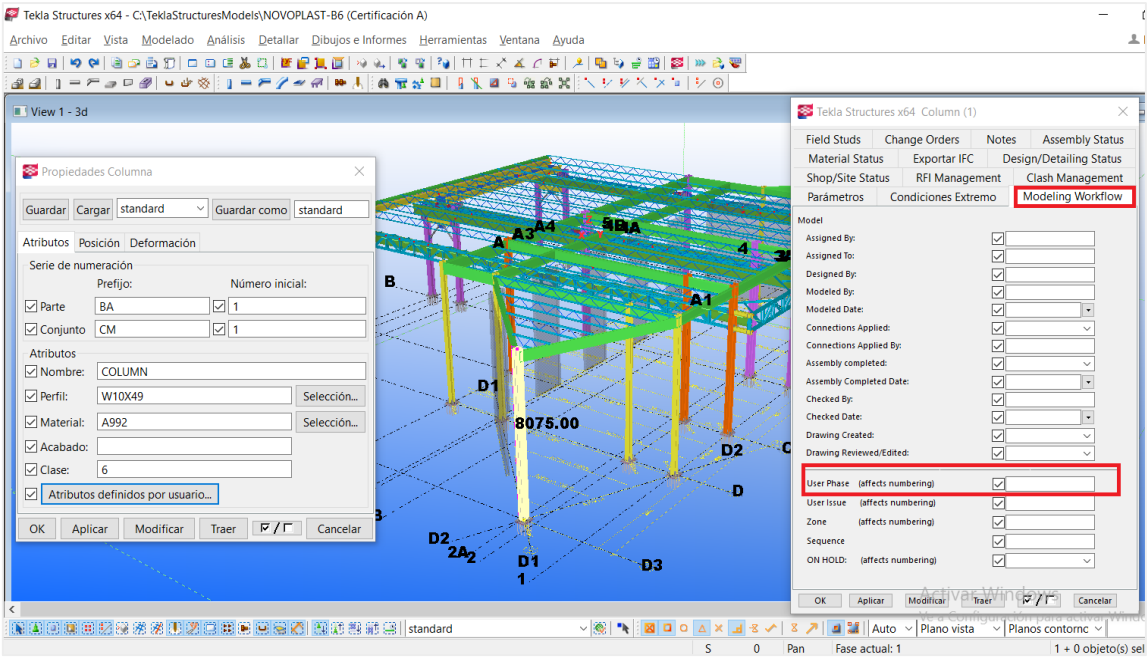


Figura (43): Asignación de fase a la columna W10X49

3- Numeración: esta herramienta a partir de los prefijos definidos en los atributos de los elementos hace un recuento de cada pieza del modelo identificando sus características y sus similitudes. Si la numeración de una parte o conjunto no está actualizada, aparecerá un signo de interrogación (?) en la etiqueta de la parte y en el cuadro de diálogo Consultar objeto, por ejemplo:

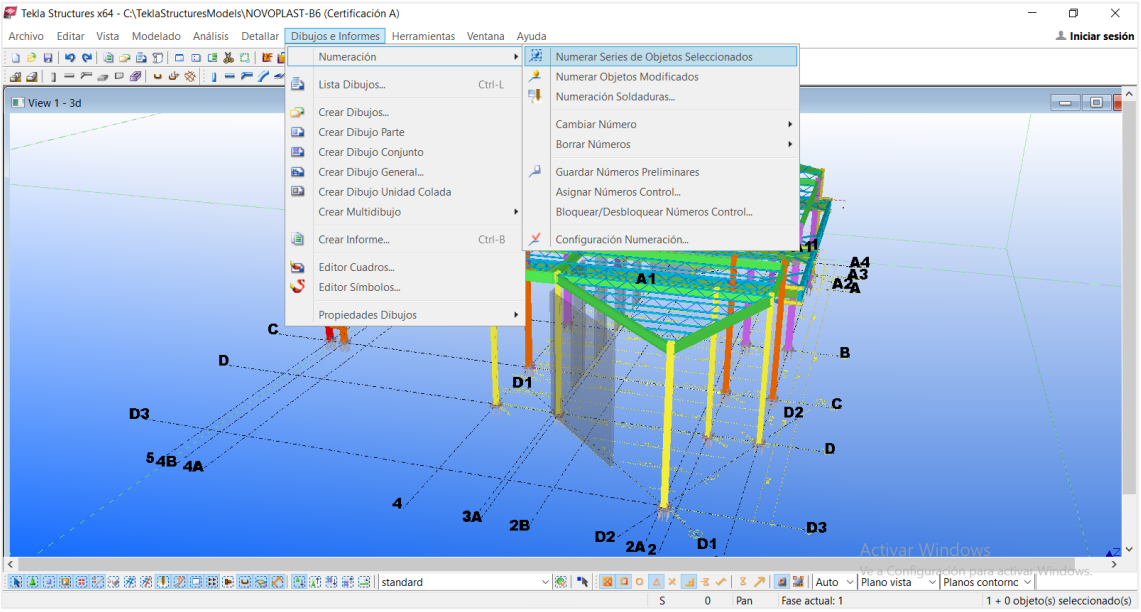


Figura (44): Aplicación del comando numerar para los objetos seleccionados del modelo

4- Creación de reportes: Después de hacer el recuento de la numeración de las piezas es posible extraer múltiples informes del modelo. Puede crear informes de la información incluida en los modelos. Pueden ser, por ejemplo, listas de dibujos, tornillos y partes. Tekla Structures crea los informes directamente del modelo, por lo que la información siempre es precisa. Los informes pueden contener información de las partes seleccionadas o de todo el modelo. Tekla Structures incluye un gran

número de plantillas de informe estándar. Tekla contiene más de 60 informes pre configurados, listo para desplegar información de Integración, detalles de diseño, cantidades, dibujos, importaciones, exportaciones, management, flujo de trabajo, entre otros.

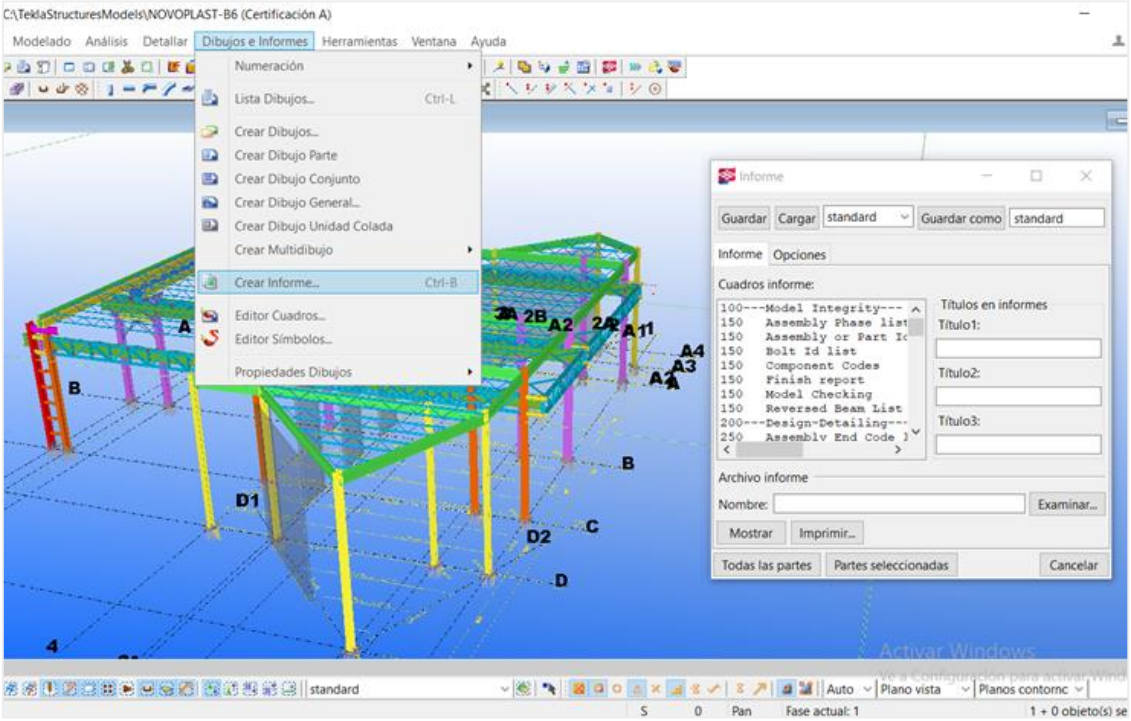


Figura (45): Comando de creación de informes

Reportes del programa Tekla Structure que pueden ser utilizados para generar una certificación de Obra:

- 350 Advanced Bill: genera un listado de piezas de los objetos seleccionados donde se muestran la cantidad, Perfil, Grado del acero, Longitud y peso.

Lista

Informe

ADVANCED BILL OF MATERIAL

PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6 Date: 07/22/2018
JOB NUMBER: 18-100 Time: 16:58:44

Page: 1

Qty	ABM Mark	Profile	Grade	Length	Weight(kg)
12		L3-1/2X3X3/8	A36	1170	14
6		L3-1/2X3X3/8	A36	1200	14
6		L3-1/2X3X3/8	A36	1240	15
2		L3-1/2X3X3/8	A36	1280	15
2		L3-1/2X3X3/8	A36	1290	15
14		L3-1/2X3X3/8	A36	1340	16
14		L3-1/2X3X3/8	A36	1350	16
68		L3-1/2X3X3/8	A36	1400	16
134		L3X3X3/8	A36	840	9
12		L3X3X3/8	A36	1300	14
20		L3X3X3/8	A36	1330	14
5		W8X10	A992	640	10
4		W8X10	A992	2260	34
2		W8X10	A992	2370	36
4		W8X10	A992	3310	50
2		W8X10	A992	7140	107
4		W8X10	A992	9660	145
4		W8X10	A992	11460	172
2		W8X10	A992	11570	173
2		W8X10	A992	12050	181
2		W8X10	A992	12220	183
4		W8X31	A992	260	12
4		W8X31	A992	810	38
4		W8X31	A992	840	39
4		W8X31	A992	1060	49
6		W8X31	A992	1120	52
8		W10X49	A992	8080	589
1		W14X61	A992	7380	669
2		W14X74	A992	360	40
1		W14X74	A992	6910	763
3		W14X74	A992	7980	880
5		W14X90	A992	360	48
8		W14X90	A992	610	82
10		W14X90	A992	6820	915
2		W18X35	A992	2650	138
1		W18X35	A992	4450	232
1		W18X35	A992	5250	274
1		W18X35	A992	7880	411
1		W18X35	A992	8110	423
1		W18X35	A992	8180	426
1		W18X35	A992	10500	548
1		W24X68	A992	11840	1206

Total weight for 390 members: 30186

END OF REPORT

Figura (46): Reporte 350 Advanced Bill de la certificación 18-100-A

- 350 Assambly List BOM y 350 Material List by Assemblies: ambos reportes generan un listado de piezas de los objetos seleccionados con sus accesorios de conexiones donde se muestran la marca, cantidad, perfil, Longitud y peso de la pieza con todas sus conexiones y/o accesorios.

Lista

Informe

```
ASSEMBLY LIST WITH PARTS (BOM)

PROJECT NAME:  TECHO NOVOPLAST-B6                                Date: 07/22/2018
JOB NUMBER:  18-100                                              Time: 17:08:59
-------------------------------------------------------------------------------
                                                   Unit     Ext.     Page: 1
Mark    Qty.  Profile                    Length    Weight   Weight     Finish
-------------------------------------------------------------------------------
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA73      1 BEAM                                   232.0    232.0
  BA73    1 W18X35                          4448
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA74      1 BEAM                                   411.2    411.2
  BA74    1 W18X35                          7882
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA77      4 BEAM                                    49.6    198.3
  BA77    4 W8X10                           3307
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA78      4 BEAM                                    38.7    154.7
  BA78    4 W8X31                            837
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA79      4 BEAM                                    11.8     47.2
  BA79    4 W8X31                            255
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA81      2 BEAM                                    37.5     75.1
  BA81    2 W8X31                            812
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA82      2 BEAM                                   666.6   1333.1
  BA82    2 W8X10                           9659
 BA118   28 L3X3X3/8                         835
 BA142    8 L3-1/2X3X3/8                    1353
 BA143    8 L3-1/2X3X3/8                    1343
 BA144    2 L3-1/2X3X3/8                    1291
 BA145    2 L3-1/2X3X3/8                    1281
 BA146    6 L3-1/2X3X3/8                    1353
 BA147    6 L3-1/2X3X3/8                    1343
 BA155    2 W8X10                           9659
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA83      1 BEAM                                     9.6      9.6
  BA83    1 W8X10                            640
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

```
BA85      2 BEAM                                   822.9   1645.9
  BA85    2 W8X10                          11456
 BA118   36 L3X3X3/8                         835
 BA134   16 L3-1/2X3X3/8                    1403
 BA135   16 L3-1/2X3X3/8                    1403
 BA136    4 L3-1/2X3X3/8                    1170
 BA137    4 L3-1/2X3X3/8                    1170
 BA159    2 W8X10                          11456
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

```
BA87      2 BEAM                                    143.0    286.1
  BA87    2 W8X10                            2262
 BA118    4 L3X3X3/8                          835
 BA138    2 L3-1/2X3X3/8                     1201
 BA139    2 L3-1/2X3X3/8                     1201
 BA140    2 L3-1/2X3X3/8                     1240
□
                                                   Unit     Ext.     Page: 2
Mark    Qty.  Profile                    Length   Weight   Weight     Finish
-------------------------------------------------------------------------------
 BA141    2 L3-1/2X3X3/8                     1240
 BA158    2 W8X10                            2262
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA93      5 BEAM                                     98.6    493.2
  BA93    5 W14X90                            611
  FE34   10 FL19X178                            320
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA98      1 BEAM                                    816.0    816.0
  BA98    1 W8X10                           12047
 BA118   18 L3X3X3/8                          835
 BA119   10 L3X3X3/8                         1330
 BA120   10 L3X3X3/8                         1330
 BA157    1 W8X10                           12047
  FE26   24 PL6X48                            188
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA105     2 BEAM                                     37.4     74.9
 BA105    2 W8X31                             809
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA112     2 BEAM                                     64.8    129.6
 BA112    2 W14X90                            359
  FE34    4 FL19X178                          320
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

```
BA114     1 BEAM                                    480.6    480.6
 BA114    1 W8X10                            7137
 BA115    1 L3X3X3/8                          839
 BA116    1 L3X3X3/8                          839
 BA117    4 L3X3X3/8                          843
 BA118    4 L3X3X3/8                          835
 BA121    6 L3X3X3/8                         1302
 BA122    6 L3X3X3/8                         1302
 BA156    1 W8X10                            7137
  FE26   24 PL6X48                            188
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA119     2 BEAM                                     51.6    103.2
 BA119    2 W14X74                            360
    p1    4 PL20X121                          319
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA122     1 BEAM                                    856.9    856.9
 BA122    1 W8X10                           12223
 BA118   18 L3X3X3/8                          835
 BA134   10 L3-1/2X3X3/8                     1403
 BA135   10 L3-1/2X3X3/8                     1403
 BA152    1 W8X10                           12223
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA123     1 BEAM                                   1205.6   1205.6
 BA123    1 W24X68                          11844
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA124     1 BEAM                                    826.3    826.3
 BA124    1 W8X10                           11568
 BA118   18 L3X3X3/8                          835
 BA134    8 L3-1/2X3X3/8                     1403
 BA135    8 L3-1/2X3X3/8                     1403
 BA136    2 L3-1/2X3X3/8                     1169
□
                                                   Unit     Ext.     Page: 3
Mark    Qty.  Profile                    Length   Weight   Weight     Finish
-------------------------------------------------------------------------------
 BA137    2 L3-1/2X3X3/8                     1169
 BA153    1 W8X10                           11568
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA125     1 BEAM                                     35.6     35.6
 BA125    1 W8X10                            2373
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

```
BA126     1 BEAM                                    110.8     110.8
 BA126    1 W8X10                            2373
 BA118    2 L3X3X3/8                          835
 BA138    1 L3-1/2X3X3/8                     1201
 BA139    1 L3-1/2X3X3/8                     1201
 BA140    1 L3-1/2X3X3/8                     1240
 BA141    1 L3-1/2X3X3/8                     1240
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA127     2 BEAM                                    138.3     276.5
 BA127    2 W18X35                           2650
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA128     2 BEAM                                     54.3     108.7
 BA128    2 W8X31                            1117
   FE6    4 PL10X98                           179
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA129     1 BEAM                                      9.6       9.6
 BA129    1 W8X10                             640
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA131     1 BEAM                                    273.8     273.8
 BA131    1 W18X35                           5248
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA133     1 BEAM                                    426.5     426.5
 BA133    1 W18X35                           8176
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA134     1 BEAM                                    423.2     423.2
 BA134    1 W18X35                           8114
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
BA135     1 BEAM                                    547.8     547.8
 BA135    1 W18X35                          10502
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
CM16      2 COLUMN                                  661.8    1323.7
  CM16    2 W10X49                           8075
  FE28    2 PL25X496                          600
  FE30   12 PL19X100                          250
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
CM17      1 COLUMN                                 1033.1    1033.1
  CM17    1 W14X90                           6820
   FE3    4 FL13X178                          320
   FE5    1 PL10X91                           280
  FE29    1 PL25X570                          600
  FE30    6 PL19X100                          250
  FE52    3 PL10X78                           102
  FE53    1 PL10X356                          368
```

```
CM18      1 COLUMN                                  1100.0    1100.0
  CM18    1 W14X90                           6820
   FE3   12 FL13X178                          320
□
                                                     Unit      Ext.      Page: 4
Mark    Qty.  Profile                     Length    Weight    Weight     Finish
-----------------------------------------------------------------------------
   FE5    1 PL10X91                           280
  FE29    1 PL25X570                          600
  FE30    6 PL19X100                          250
  FE32    2 FL19X178                          317
  FE35    2 FL19X178                          314
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
CM19      1 COLUMN                                  1321.5    1321.5
  CM19    1 W14X90                           6820
 BA104    1 W14X90                            611
 BA127    2 W8X31                            1064
   FE3    8 FL13X178                          320
  FE29    1 PL25X570                          600
  FE30    6 PL19X100                          250
  FE32    2 FL19X178                          317
  FE34    2 FL19X178                          320
  FE35    2 FL19X178                          314
  FE39    4 PL10X230                          334
  FE40    4 PL10X230                          336
  FE55    2 PL10X125                          317
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

```
CM20      1 COLUMN                                  1223.2   1223.2
  CM20    1 W14X90                            6820
 BA104    1 W14X90                             611
   FE3    8 FL13X178                           320
  FE29    1 PL25X570                           600
  FE30    6 PL19X100                           250
  FE32    2 FL19X178                           317
  FE34    2 FL19X178                           320
  FE35    2 FL19X178                           314
  FE40    8 PL10X230                           336
  FE55    2 PL10X125                           317
```

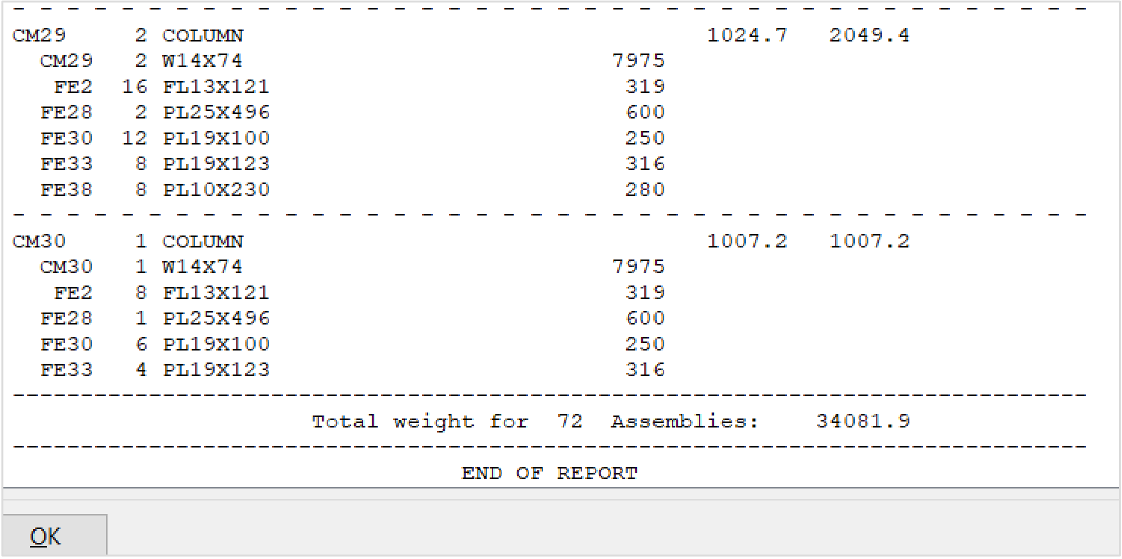
```
CM21      1 COLUMN                                  1333.1   1333.1
  CM21    1 W14X90                            6820
 BA104    1 W14X90                             611
 BA126    2 W8X31                             1117
 BA160    1 W8X10                              640
   FE3    8 FL13X178                           320
   FE6    4 PL10X98                            179
  FE29    1 PL25X570                           600
  FE30    6 PL19X100                           250
  FE32    2 FL19X178                           317
  FE34    2 FL19X178                           320
  FE35    2 FL19X178                           314
  FE40    4 PL10X230                           336
  FE42    4 PL10X181                           259
  FE55    2 PL10X125                           317
CM22      6 COLUMN                                   661.8   3971.1
  CM22    6 W10X49                            8075
  FE28    6 PL25X496                           600
  FE30   36 PL19X100                           250
```

```
                                                   Unit      Ext.      Page: 5
Mark    Qty.  Profile                    Length   Weight    Weight     Finish
CM23      1 COLUMN                                  1066.6   1066.6
  CM23    1 W14X90                            6820
   FE3    4 FL13X178                           320
   FE5    1 PL10X91                            280
  FE29    1 PL25X570                           600
  FE30    6 PL19X100                           250
  FE32    4 FL19X178                           317
  FE52    4 PL10X78                            102
  FE53    1 PL10X356                           368
CM24      1 COLUMN                                  1133.0   1133.0
  CM24    1 W14X90                            6820
   FE3   12 FL13X178                           320
   FE5    1 PL10X91                            280
  FE29    1 PL25X570                           600
  FE30    6 PL19X100                           250
  FE32    6 FL19X178                           317
  FE35    2 FL19X178                           314
```

```
CM25      1 COLUMN                                  1330.3   1330.3
  CM25    1 W14X90                            6820
 BA103    1 W14X90                             359
 BA127    2 W8X31                             1064
 BA160    1 W8X10                              640
   FE3    8 FL13X178                           320
  FE29    1 PL25X570                           600
  FE30    6 PL19X100                           250
  FE32    6 FL19X178                           317
  FE34    2 FL19X178                           320
  FE35    2 FL19X178                           314
  FE39    4 PL10X230                           334
  FE40    4 PL10X230                           336
  FE55    2 PL10X125                           317
```

```
CM26      1 COLUMN                                  1222.5   1222.5
  CM26    1 W14X90                             6820
 BA103    1 W14X90                              359
   FE3    8 FL13X178                            320
  FE29    1 PL25X570                            600
  FE30    6 PL19X100                            250
  FE32    6 FL19X178                            317
  FE34    2 FL19X178                            320
  FE35    2 FL19X178                            314
  FE40    8 PL10X230                            336
  FE55    2 PL10X125                            317
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
CM27      1 COLUMN                                  1340.0   1340.0
  CM27    1 W14X90                             6820
 BA103    1 W14X90                              359
 BA126    2 W8X31                              1117
 BA160    1 W8X10                               640
   FE3    8 FL13X178                            320
□
                                                     Unit     Ext.     Page: 6
Mark    Qty.  Profile                      Length   Weight   Weight    Finish
-------------------------------------------------------------------------------
  FE29    1 PL25X570                            600
  FE30    6 PL19X100                            250
  FE32    6 FL19X178                            317
  FE34    2 FL19X178                            320
  FE35    2 FL19X178                            314
  FE40    4 PL10X230                            336
  FE41    4 PL10X181                            256
  FE42    4 PL10X181                            259
  FE55    2 PL10X125                            317
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

```
  FE32    6 FL19X178                            317
  FE34    2 FL19X178                            320
  FE35    2 FL19X178                            314
  FE40    4 PL10X230                            336
  FE41    4 PL10X181                            256
  FE42    4 PL10X181                            259
  FE55    2 PL10X125                            317
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
CM28      1 COLUMN                                  2035.1   2035.1
  CM28    1 W14X74                             6907
  BA96    1 W14X61                             7375
  BA97    1 W14X61                             1733
  BA99    1 W8X18                               640
 BA123    1 W6X9                               1021
 BA124    4 W6X9                               1021
 BA125    2 W8X31                              1021
   FE2    8 FL13X121                            319
  FE25    2 FL6X108                             320
  FE27    1 PL25X496                            554
  FE28    1 PL25X496                            600
  FE30   12 PL19X100                            250
  FE31    4 FL19X121                            250
  FE33    8 PL19X123                            316
  FE38    4 PL10X230                            280
  FE56    2 PL13X250                            319
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

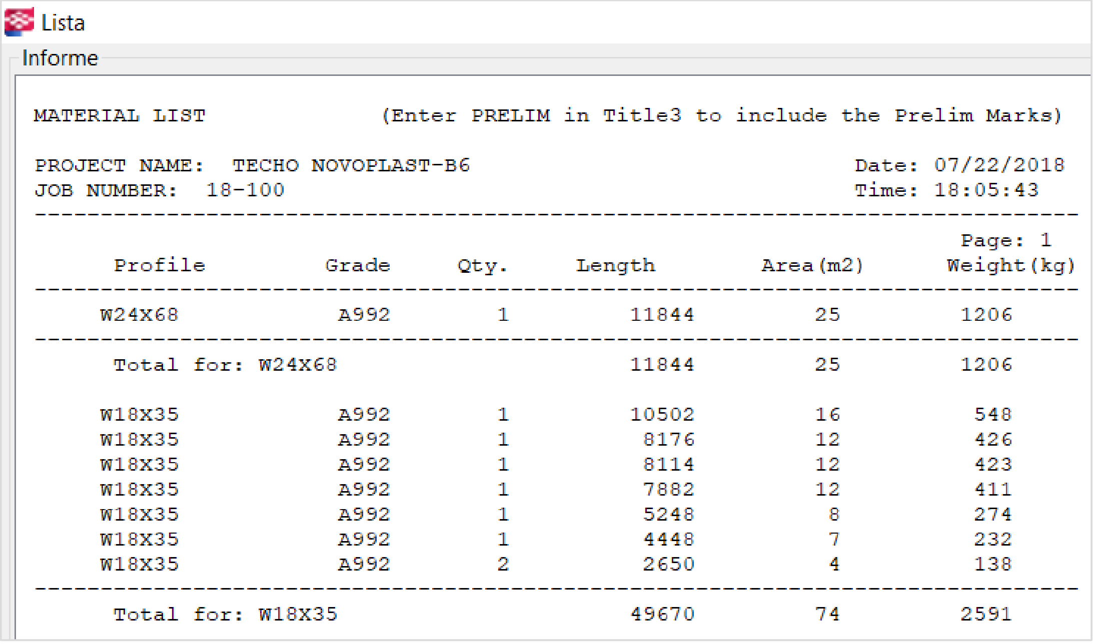


```
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
CM29      2  COLUMN                                   1024.7    2049.4
  CM29    2  W14X74                          7975
   FE2   16  FL13X121                         319
  FE28    2  PL25X496                         600
  FE30   12  PL19X100                         250
  FE33    8  PL19X123                         316
  FE38    8  PL10X230                         280
- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
CM30      1  COLUMN                                   1007.2    1007.2
  CM30    1  W14X74                          7975
   FE2    8  FL13X121                         319
  FE28    1  PL25X496                         600
  FE30    6  PL19X100                         250
  FE33    4  PL19X123                         316
--------------------------------------------------------------------------------
                     Total weight for  72  Assemblies:     34081.9
--------------------------------------------------------------------------------
                                  END OF REPORT
```

Figura (47): Reporte 350 Assambly List BOM de la certificación 18-100-A

Este reporte es utilizable para extraer información de certificaciones donde el costo estimado de conexiones no este considerado o asumido en el precio.

- 350 Material List: genera un listado de piezas principales de los objetos seleccionados sin sus accesorios de conexiones donde se muestran la cantidad, el grado del acero, perfil, área, longitud y peso de la pieza.



```
MATERIAL LIST            (Enter PRELIM in Title3 to include the Prelim Marks)

PROJECT NAME:  TECHO NOVOPLAST-B6                             Date: 07/22/2018
JOB NUMBER:   18-100                                          Time: 18:05:43
------------------------------------------------------------------------------
                                                                     Page: 1
      Profile         Grade      Qty.      Length        Area(m2)    Weight(kg)
------------------------------------------------------------------------------
     W24X68            A992        1        11844          25          1206
------------------------------------------------------------------------------
      Total for: W24X68                     11844          25          1206

     W18X35            A992        1        10502          16           548
     W18X35            A992        1         8176          12           426
     W18X35            A992        1         8114          12           423
     W18X35            A992        1         7882          12           411
     W18X35            A992        1         5248           8           274
     W18X35            A992        1         4448           7           232
     W18X35            A992        2         2650           4           138
------------------------------------------------------------------------------
      Total for: W18X35                     49670          74          2591
```

W14X90	A992	10	6820	15	915
W14X90	A992	8	611	1	82
W14X90	A992	5	359	1	48
Total for: W14X90			74887	163	10051
W14X74	A992	3	7975	14	880
W14X74	A992	1	6907	12	763
W14X74	A992	2	360	1	40
Total for: W14X74			31551	54	3483
W14X61	A992	1	7375	13	669
Total for: W14X61			7375	13	669
W10X49	A992	8	8075	12	589
Total for: W10X49			64600	98	4711
W8X31	A992	6	1117	1	52
W8X31	A992	4	1064	1	49
W8X31	A992	4	837	1	39
W8X31	A992	2	812	1	38
W8X31	A992	2	809	1	37
W8X31	A992	4	255	0	12
Total for: W8X31			18569	23	859
W8X10	A992	2	12223	10	183
W8X10	A992	2	12047	10	181
W8X10	A992	2	11568	9	173
W8X10	A992	4	11456	9	172
W8X10	A992	4	9659	8	145

Profile	Grade	Qty.	Length	Area(m2)	Weight(kg)
W8X10	A992	2	7137	6	107
W8X10	A992	4	3307	3	50
W8X10	A992	2	2373	2	36
W8X10	A992	4	2262	2	34
W8X10	A992	5	640	1	10
Total for: W8X10			200631	160	3008
L3X3X3/8	A36	20	1330	0	14
L3X3X3/8	A36	12	1302	0	14
L3X3X3/8	A36	4	843	0	9
L3X3X3/8	A36	2	839	0	9
L3X3X3/8	A36	128	835	0	9
Total for: L3X3X3/8			154171	45	1647
L3-1/2X3X3/8	A36	68	1403	0	16
L3-1/2X3X3/8	A36	14	1353	0	16
L3-1/2X3X3/8	A36	14	1343	0	16
L3-1/2X3X3/8	A36	2	1291	0	15
L3-1/2X3X3/8	A36	2	1281	0	15
L3-1/2X3X3/8	A36	6	1240	0	15
L3-1/2X3X3/8	A36	6	1201	0	14
L3-1/2X3X3/8	A36	6	1170	0	14
L3-1/2X3X3/8	A36	6	1169	0	14
Total for: L3-1/2X3X3/8			167015	51	1962

Total: 30186 kg

END OF REPORT

Figura (48): Reporte 350 Material List de la certificación 18-100-A

5- El editor de plantillas para modificar las plantillas de informe existentes o para crear otros nuevos según sus necesidades. La opción de editor de cuadros se encuentra ubicado en el menú de dibujos e informes. Las plantillas de informes se están ubicadas en la carpeta programData/TeklaStructures/<version>/environments/<environment>/system, y tienen la extensión de nombre de archivo .rpt

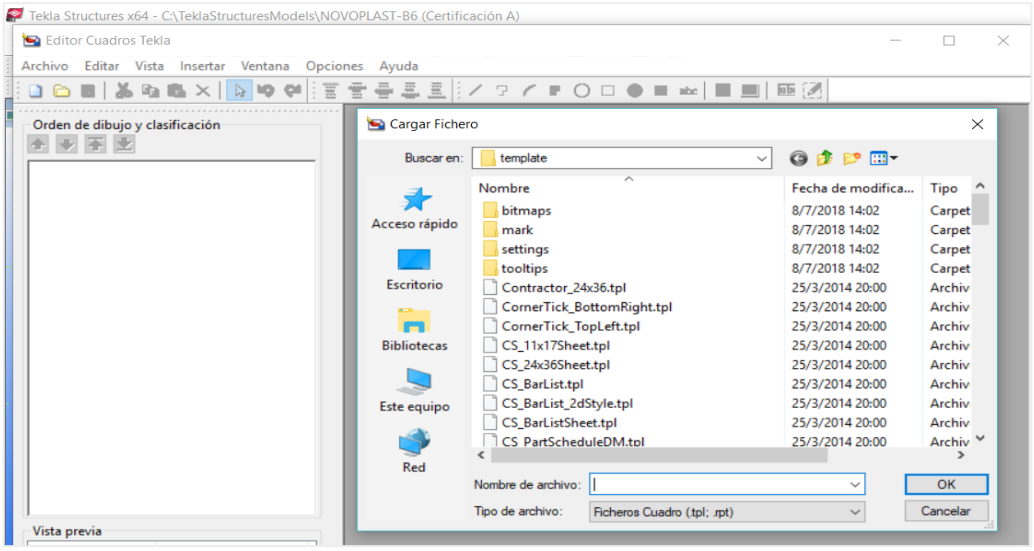


Figura (49): Comando editor de cuadros, la opción de abrir archivos de fichero para la selección del informe a modificar

5.3 Proceso de Valoración

- Certificación 18-100-A: Primera forma de extracción

En una primera parte se generará la certificación 18-100-A según el material ilustrado anteriormente. Esta certificación aprovechará el enfoque BIM del software Tekla Structure según la descripción del diagrama mostrado en la figura (9) por medio de la extracción automatizada de cantidades (QTO - Quantity take-off). El modelo será organizado por fases tomando como base el modelo de la certificación final. La primera fase corresponde a las piezas que se realizaron en obra hasta la certificación 18-100-A (fase a analizar). Para esto le asignaremos a cada pieza en los atributos definidos por el usuario, en la pestaña de Modeling Work Flow la fase correspondiente. Después, filtraremos por fase los elementos del modelo. A continuación, se procederá a seleccionar todas las piezas visibles para aplicar la numeración automatizada (que es el requisito principal para generar el informe). Para continuar, a modo de ejemplo se seleccionarán todas las columnas del modelo y se utilizara el informe predeterminado que posee el software llamado Material List, donde podemos obtener la cantidad, longitud, área y peso de cada pieza sin considerar los accesorios y conexiones. Este informe será presentado en un visor de Tekla y en Excel, el problema del formato en Excel que genera Tekla directamente es que la información está en una celda corrida en forma de texto. Para obtener un reporte en Excel más manejable también utilizaremos el Template obtenido en el Webinar Tekla llamado

BIMES_Material_list(Excel).xls que exporta la información organizadas por columnas directamente utilizables para cualquier calculo. Este informe para poder ser utilizado fue copiado en la carpeta template del enviromente usmet.

A continuación, se muestran las imágenes del proceso descrito anteriormente para generar el QTO de la certificación 18-100-A.

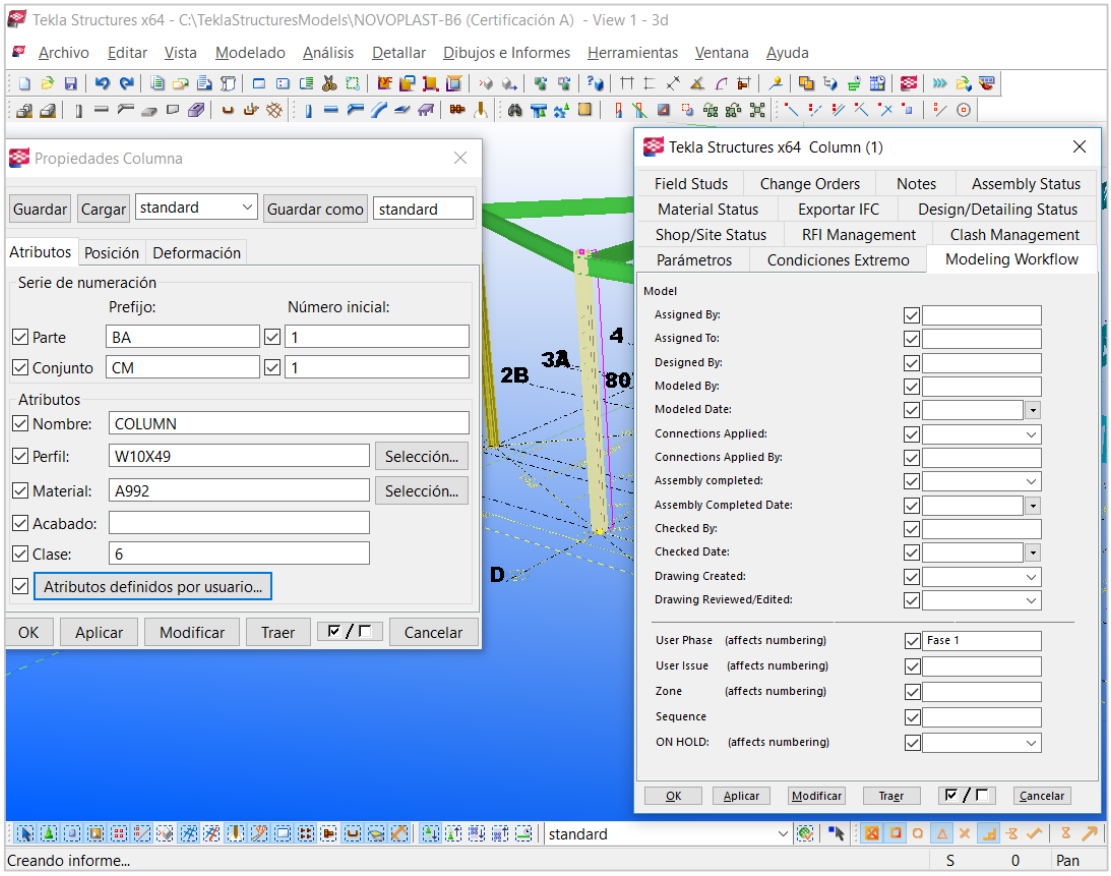


Figura (50): Clasificación de piezas por fase

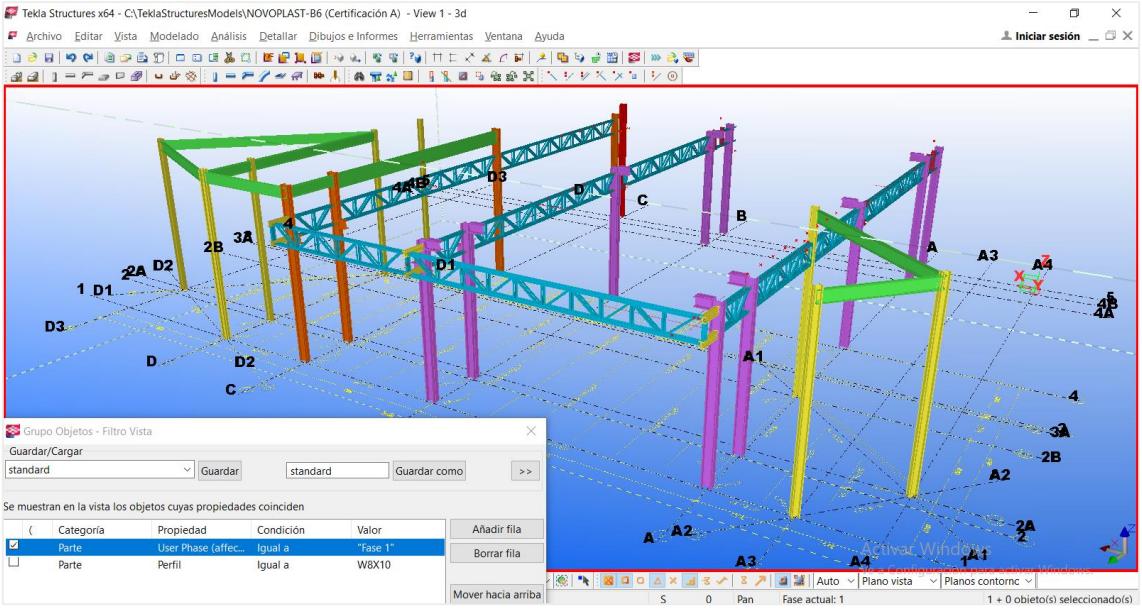


Figura (51): Filtro de piezas de la fase 1 (Certificación 18-100-A)

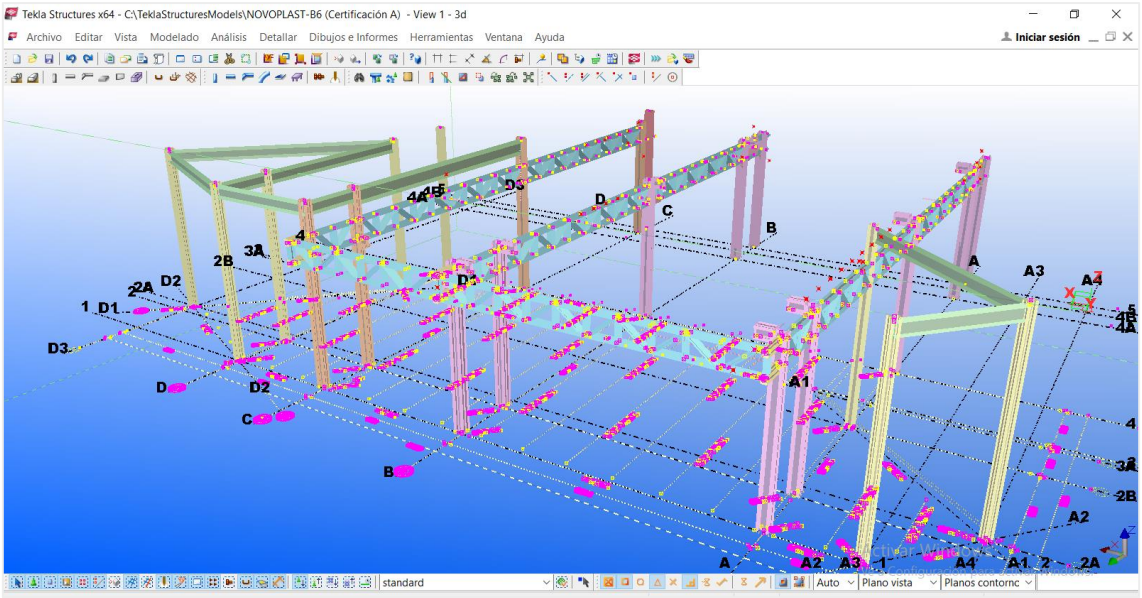


Figura (52): Selección de todas las piezas de la fase 1 (Certificación 18-100-A)

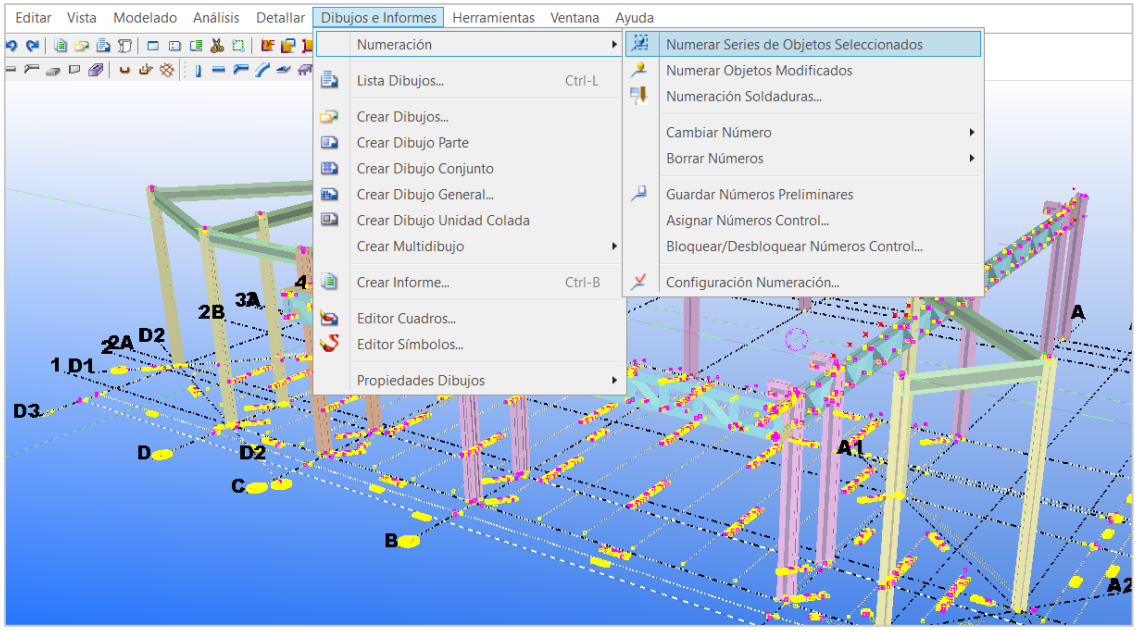


Figura (53): Numeración de todas las piezas de la fase 1 (Certificación 18-100-A)

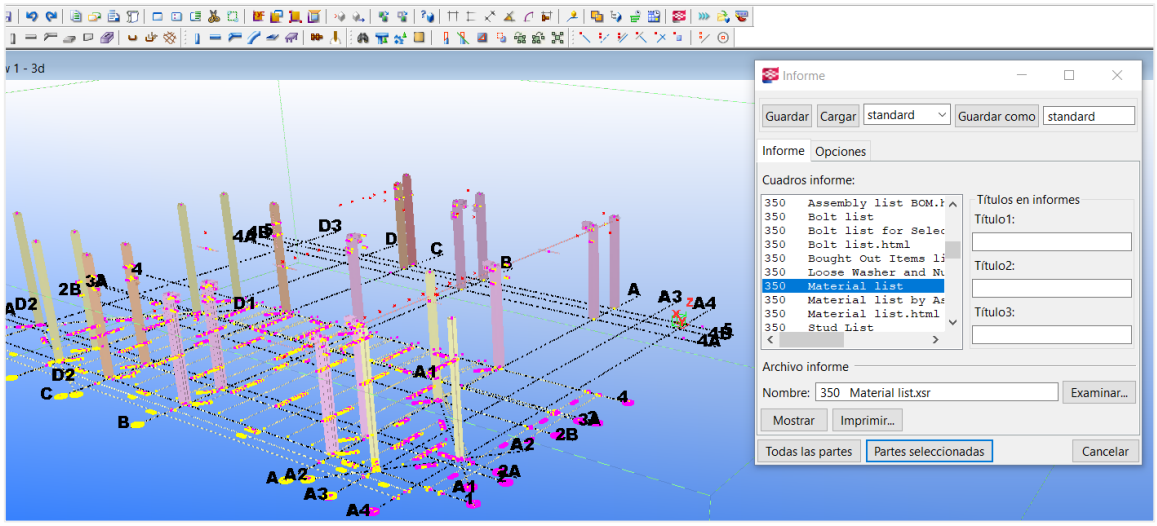


Figura (54): Generación de Informe de las columnas de (Certificación 18-100-A) con el Reporte Material List

Lista

Informe

```
MATERIAL LIST              (Enter PRELIM in Title3 to include the Prelim Marks)

PROJECT NAME:  TECHO NOVOPLAST-B6                              Date: 07/15/2018
JOB NUMBER:  18-100                                            Time: 10:44:00
-------------------------------------------------------------------------------
                                                                      Page: 1
      Profile          Grade      Qty.      Length        Area(m2)    Weight(kg)
-------------------------------------------------------------------------------
     W14X90            A992        10         6820          15          915
     W14X90            A992         8          611           1           82
     W14X90            A992         5          359           1           48
-------------------------------------------------------------------------------
      Total for: W14X90                      74887         163        10051

     W14X74            A992         3         7975          14          880
     W14X74            A992         1         6907          12          763
     W14X74            A992         2          360           1           40
-------------------------------------------------------------------------------
      Total for: W14X74                      31551          54         3483

     W14X61            A992         1         7375          13          669
-------------------------------------------------------------------------------
      Total for: W14X61                       7375          13          669

     W10X49            A992         8         8075          12          589
-------------------------------------------------------------------------------
      Total for: W10X49                      64600          98         4711

-------------------------------------------------------------------------------
                                                        Total: 18914 kg
-------------------------------------------------------------------------------
                                END OF REPORT
```

Figura (55): Informe de las columnas de (Certificación 18-100-A) con el Reporte Material List

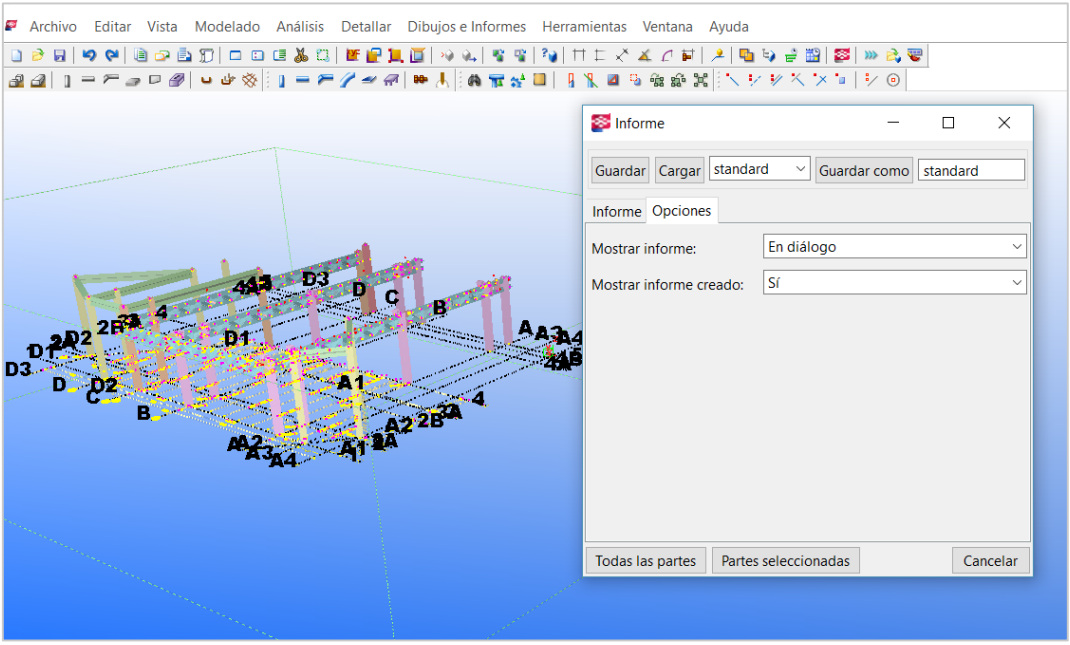
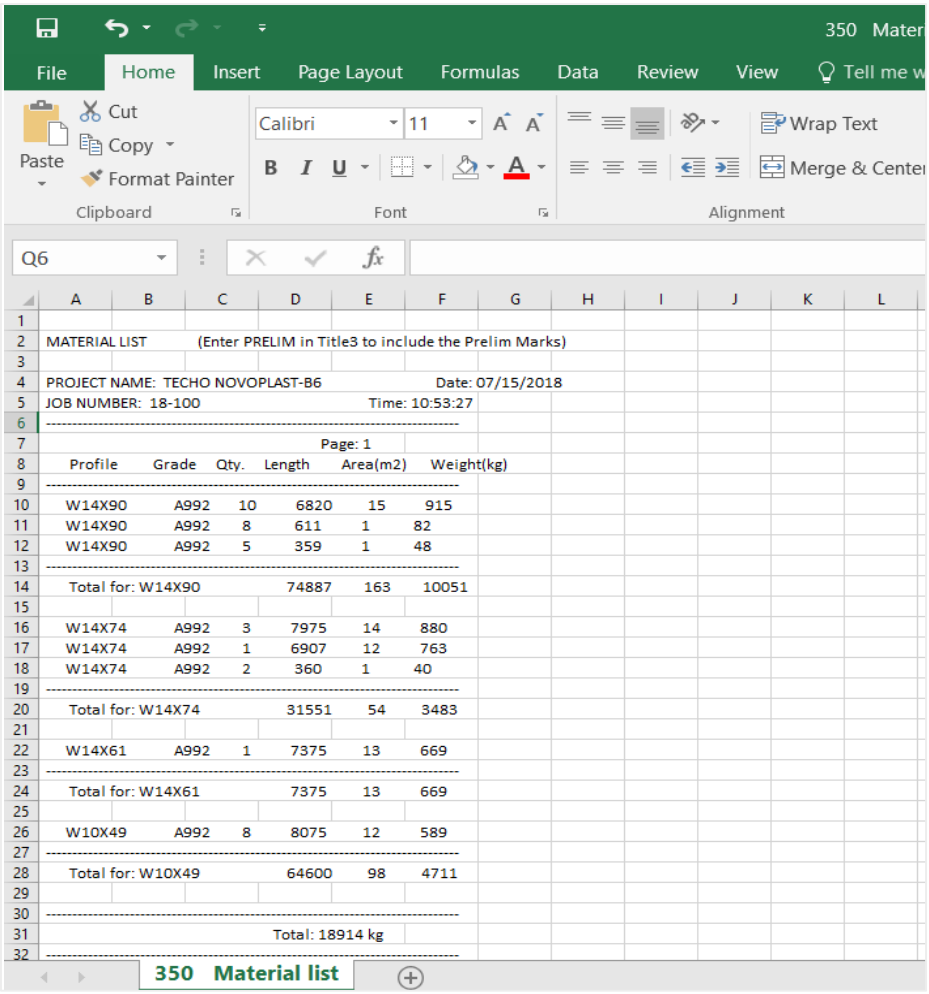


Figura (56): Opción para generación el Informe de las Columnas de (Certificación 18-100-A) con el Reporte Material List exportado a excel.



MATERIAL LIST (Enter PRELIM in Title3 to include the Prelim Marks)

PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6 Date: 07/15/2018

JOB NUMBER: 18-100 Time: 10:53:27

Page: 1

Profile	Grade	Qty.	Length	Area(m2)	Weight(kg)
W14X90	A992	10	6820	15	915
W14X90	A992	8	611	1	82
W14X90	A992	5	359	1	48
Total for: W14X90			74887	163	10051
W14X74	A992	3	7975	14	880
W14X74	A992	1	6907	12	763
W14X74	A992	2	360	1	40
Total for: W14X74			31551	54	3483
W14X61	A992	1	7375	13	669
Total for: W14X61			7375	13	669
W10X49	A992	8	8075	12	589
Total for: W10X49			64600	98	4711

Total: 18914 kg

Figura (57): Informe de las columnas de (Certificación 18-100-A) con el Reporte Material List exportado a Excel.

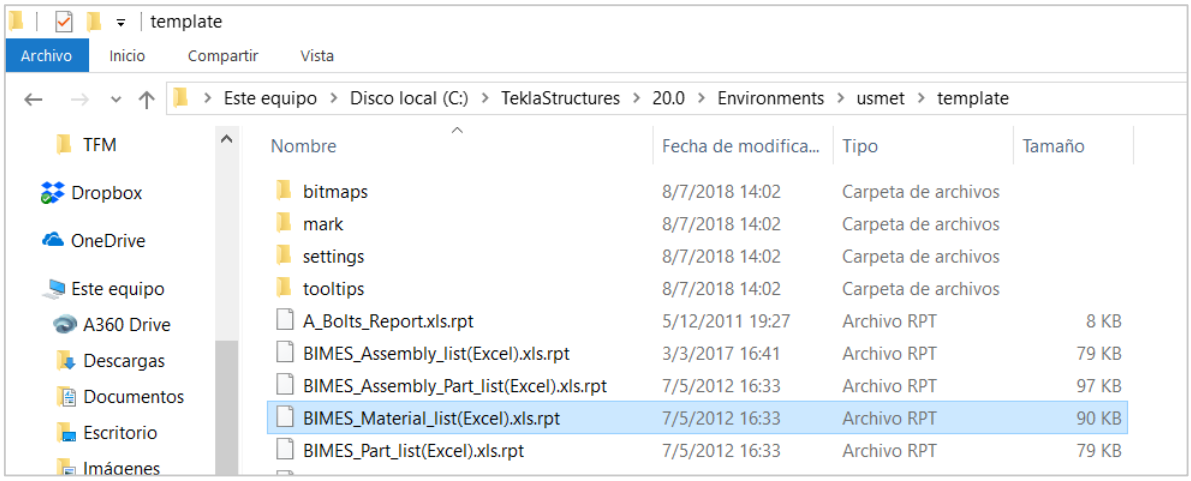


Figura (58): Configuración témplate rebinar Tecla

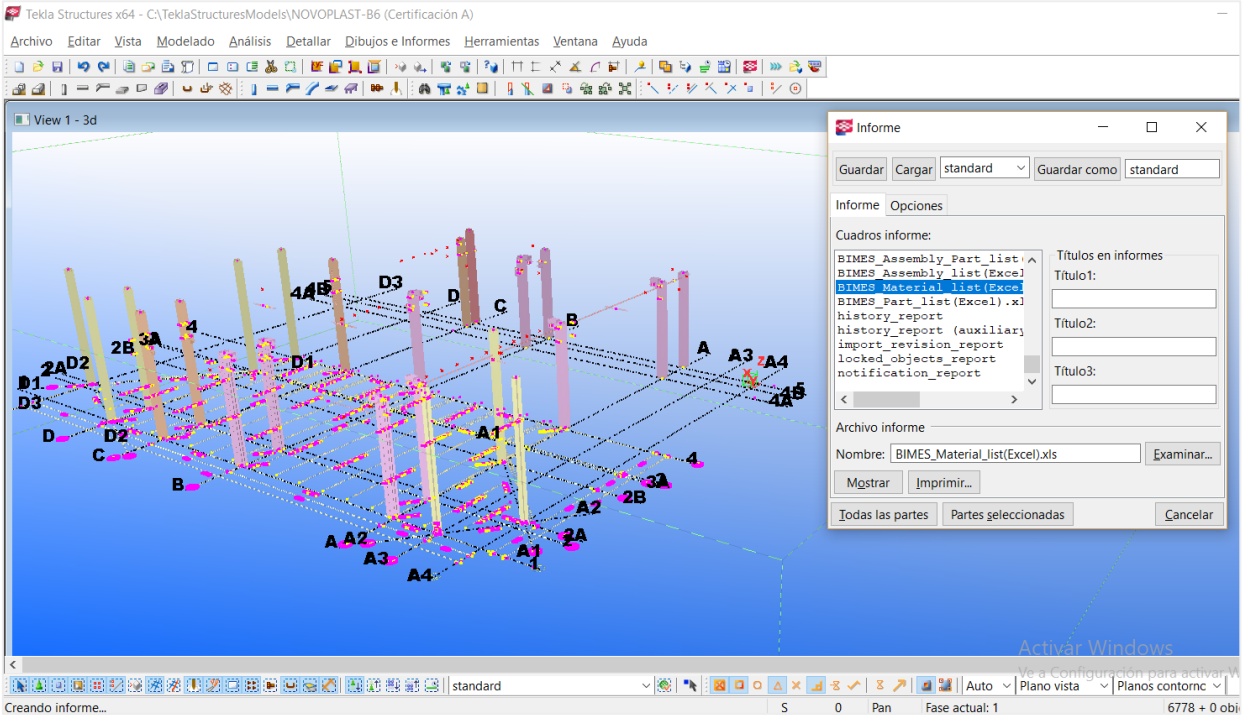


Figura (59): Generación del informe utilizando témplate BIMES_Material_list(Excel).xls

CLIENT : INGENIERÍA ESTRUCTUR
PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6
JOB NO. : 18-100
PART LIST
REF. DWG :
REV. :
DATE : 15.07.2018
PAGE : 1

PartPos	Profile	No.	Material	Length (mm)	Net Area(m^2) for one	Net Area(m^2) for all	Net Weight(kg) for one	Net Weight(kg) for all
BA93	W14X90	5	A992	611	1.356	6.778	82.0	410.0
BA96	W14X61	1	A992	7375	12.574	12.574	669.0	669.0
BA103	W14X90	3	A992	359	0.810	2.431	48.0	145.0
BA104	W14X90	3	A992	611	1.356	4.067	82.0	246.0
BA112	W14X90	2	A992	359	0.810	1.621	48.0	96.0
BA119	W14X74	2	A992	360	0.647	1.293	40.0	79.0
CM16	W10X49	2	A992	8075	12.196	24.392	589.0	1178.0
CM17	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM18	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM19	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM20	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM21	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM22	W10X49	6	A992	8075	12.196	73.177	589.0	3533.0
CM23	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM24	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM25	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM26	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM27	W14X90	1	A992	6820	14.780	14.780	915.0	915.0
CM28	W14X74	1	A992	6907	11.917	11.917	763.0	763.0
CM29	W14X74	2	A992	7975	13.756	27.513	880.0	1761.0
CM30	W14X74	1	A992	7975	13.756	13.756	880.0	880.0
					Total Area:	327.315	Total Weight:	18913.7

Created By: Mohamed Abu Shady , If you have any comments, please e-mail me.
abushady@bimengineering.com
BIM Engineering Solutions
www.bimengineering.com

Figura (60): Resultado en Excel del informe utilizando témplate BIMES_Material_list(Excel).xls

➢ Certificación 18-100-A: Segunda forma de extracción

Se utilizará la opción de Témplate Editor para generar un reporte más ajustado a las necesidades de la información de la certificación en base a la plantilla BIMES_Material_list(Excel).xls. También se introducirá el precio por unidad de peso a cada pieza en atributos definidos por el usuario para poder ser agregada en una columna del reporte.

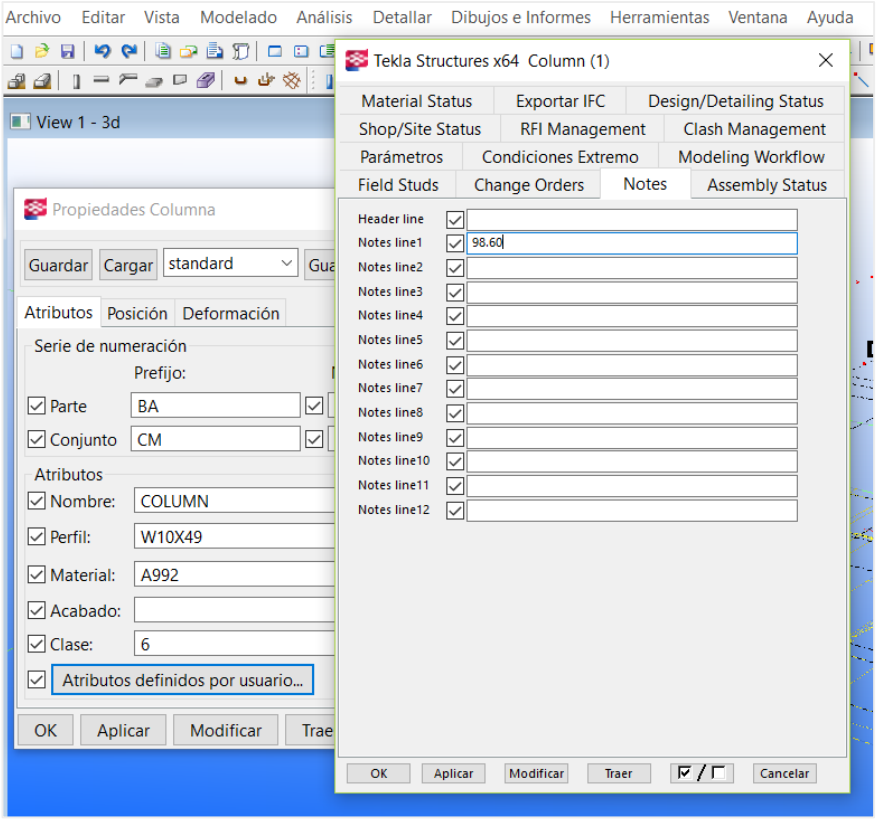


Figura (61): Usando el atributo de notas para colocar precio por unidad de peso a las piezas

The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

MATERIAL LIST

CLIENT : INGENIERÍA ESTRUCTUR
PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6
JOB NO. : 18-100
REF. DWG :
REV. :
DATE : 15.07.2018
PAGE : 1

Perfil	Cantidad	Material	Longitud (mm)	Peso (kg)/Ud	Peso (kg)/Todas	Precio (Rd$/Kg)	
W10X49	8	A992	8075	589.000	4711.000	98.6	
W14X61	1	A992	7375	669.000	669.000	98.6	
W14X74	2	A992	360	40.000	79.000	98.6	
W14X74	1	A992	6907	763.000	763.000	98.6	
W14X74	3	A992	7975	880.000	2641.000	98.6	
W14X90	5	A992	359	48.000	241.000	98.6	
W14X90	8	A992	611	82.000	656.000	98.6	
W14X90	10	A992	6820	915.000	9153.000	98.6	

Created By: Mohamed Abu Shady , If you have any comments, please e-mail me.
abushady@bimengineering.com
BIM Engineering Solutions
www.bimengineering.com

Figura (62): Reporte prueba. Producto de la utilización del template editor para editar la plantilla BIMES_Material_list(Excel).

Resultados Informe Certificación 18-100-A Primera forma de extracción

The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

MATERIAL LIST

CLIENT : INGENIERÍA ESTRUCTUR
PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6
JOB NO. : 18-100
REF. DWG :
REV. :
DATE : 15.07.2018
PAGE : 1

Size	No.	Material	Length (mm)	Net Area(m^2) for one	Net Area(m^2) for all	Net Weight(kg) for one	Net Weight(kg) for all
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1169	0.360	2.162	14.0	82.0
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1170	0.361	2.165	14.0	83.0
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1201	0.370	2.218	14.0	85.0
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1240	0.381	2.285	15.0	87.0
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1281	0.393	0.785	15.0	30.0
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1291	0.395	0.791	15.0	30.0
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1343	0.411	5.749	16.0	221.0
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1353	0.413	5.789	16.0	223.0
L3-1/2X3X3/8	68	A36	1403	0.428	29.107	16.0	1121.0
		Total Length:	167015	Total Area:	51.051	Total Weight:	1962.0
L3X3X3/8	128	A36	835	0.242	30.982	9.0	1142.0
L3X3X3/8	2	A36	839	0.251	0.502	9.0	18.0
L3X3X3/8	4	A36	843	0.260	1.039	9.0	36.0
L3X3X3/8	12	A36	1302	0.374	4.482	14.0	167.0
L3X3X3/8	20	A36	1330	0.381	7.623	14.0	284.0
		Total Length:	154171	Total Area:	44.627	Total Weight:	1647.0
W8X10	5	A992	640	0.514	2.569	10.0	48.0
W8X10	4	A992	2262	1.806	7.225	34.0	136.0
W8X10	2	A992	2373	1.895	3.791	36.0	71.0
W8X10	4	A992	3307	2.639	10.557	50.0	198.0
W8X10	2	A992	7137	5.691	11.383	107.0	214.0
W8X10	4	A992	9659	7.701	30.805	145.0	579.0
W8X10	4	A992	11456	9.134	36.535	172.0	687.0
W8X10	2	A992	11568	9.223	18.446	173.0	347.0
W8X10	2	A992	12047	9.604	19.209	181.0	361.0
W8X10	2	A992	12223	9.745	19.490	183.0	366.0
		Total Length:	200631	Total Area:	160.010	Total Weight:	3008.0
W8X31	4	A992	255	0.319	1.277	12.0	47.0
W8X31	2	A992	809	0.986	1.972	37.0	75.0
W8X31	2	A992	812	0.989	1.978	38.0	75.0
W8X31	4	A992	837	1.019	4.074	39.0	155.0

Figura (63): Informe Certificación 18-100-A Primera forma de extracción (1/2)

W8X31	4	A992	1064	1.292	5.170	49.0	197.0
W8X31	6	A992	1117	1.356	8.136	52.0	310.0
		Total Length:	18569	Total Area:	22.606	Total Weight:	859.0
W10X49	8	A992	8075	12.196	97.569	589.0	4711.0
		Total Length:	64600	Total Area:	97.569	Total Weight:	4711.0
W14X61	1	A992	7375	12.574	12.574	669.0	669.0
		Total Length:	7375	Total Area:	12.574	Total Weight:	669.0
W14X74	2	A992	360	0.647	1.293	40.0	79.0
W14X74	1	A992	6907	11.917	11.917	763.0	763.0
W14X74	3	A992	7975	13.756	41.269	880.0	2641.0
		Total Length:	31551	Total Area:	54.480	Total Weight:	3483.0
W14X90	5	A992	359	0.810	4.052	48.0	241.0
W14X90	8	A992	611	1.356	10.845	82.0	656.0
W14X90	10	A992	6820	14.780	147.796	915.0	9153.0
		Total Length:	74887	Total Area:	162.693	Total Weight:	10051.0
W18X35	2	A992	2650	3.977	7.954	138.0	277.0
W18X35	1	A992	4448	6.665	6.665	232.0	232.0
W18X35	1	A992	5248	7.861	7.861	274.0	274.0
W18X35	1	A992	7882	11.801	11.801	411.0	411.0
W18X35	1	A992	8114	12.147	12.147	423.0	423.0
W18X35	1	A992	8176	12.239	12.239	426.0	426.0
W18X35	1	A992	10502	15.718	15.718	548.0	548.0
		Total Length:	49670	Total Area:	74.385	Total Weight:	2591.0
W24X68	1	A992	11844	24.846	24.846	1206.0	1206.0
		Total Length:	11844	Total Area:	24.846	Total Weight:	1206.0
				Total Area:	704.839	Total Weight:	30186.5

Created By: Mohamed Abu Shady , If you have any comments, please e-mail me.
abushady@bimengineering.com
BIM Engineering Solutions
www.bimengineering.com

Figura (64): Informe Certificación 18-100-A Primera forma de extracción (2/2)

The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

MATERIAL LIST

CLIENT : INGENIERÍA ESTRUCTUR
PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6
JOB NO. : 18-100
REF. DWG :
REV. :
DATE : 15.07.2018
PAGE : 1

Perfil	Cantidad	Material	Longitud (mm)	Peso (kg)/Ud	Peso (kg)/Todas	Precio (Rd$/Kg)	
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1169	14.000	82.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1170	14.000	83.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1201	14.000	85.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1240	15.000	87.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1281	15.000	30.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1291	15.000	30.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1343	16.000	221.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1353	16.000	223.000	128.2	
L3-1/2X3X3/8	68	A36	1403	16.000	1121.000	128.2	
L3X3X3/8	128	A36	835	9.000	1142.000	128.2	
L3X3X3/8	2	A36	839	9.000	18.000	128.2	
L3X3X3/8	4	A36	843	9.000	36.000	128.2	
L3X3X3/8	12	A36	1302	14.000	167.000	128.2	
L3X3X3/8	20	A36	1330	14.000	284.000	128.2	
W8X10	5	A992	640	10.000	48.000	128.2	
W8X10	4	A992	2262	34.000	136.000	128.2	
W8X10	2	A992	2373	36.000	71.000	128.2	
W8X10	4	A992	3307	50.000	198.000	128.2	
W8X10	2	A992	7137	107.000	214.000	128.2	
W8X10	4	A992	9659	145.000	579.000	128.2	
W8X10	4	A992	11456	172.000	687.000	128.2	
W8X10	2	A992	11568	173.000	347.000	128.2	
W8X10	2	A992	12047	181.000	361.000	128.2	
W8X10	2	A992	12223	183.000	366.000	128.2	
W8X31	4	A992	255	12.000	47.000	108.5	
W8X31	2	A992	809	37.000	75.000	108.5	
W8X31	2	A992	812	38.000	75.000	108.5	

Figura (65): Informe Certificación 18-100-A Segunda forma de extracción (1/2)

W8X31	4	A992	837	39.000	155.000	108.5	
W8X31	4	A992	1064	49.000	197.000	108.5	
W8X31	6	A992	1117	52.000	310.000	108.5	
W10X49	8	A992	8075	589.000	4711.000	98.6	
W14X61	1	A992	7375	669.000	669.000	98.6	
W14X74	2	A992	360	40.000	79.000	98.6	
W14X74	1	A992	6907	763.000	763.000	98.6	
W14X74	3	A992	7975	880.000	2641.000	98.6	
W14X90	5	A992	359	48.000	241.000	98.6	
W14X90	8	A992	611	82.000	656.000	98.6	
W14X90	10	A992	6820	915.000	9153.000	98.6	
W18X35	2	A992	2650	138.000	277.000	108.5	
W18X35	1	A992	4448	232.000	232.000	108.5	
W18X35	1	A992	5248	274.000	274.000	108.5	
W18X35	1	A992	7882	411.000	411.000	108.5	
W18X35	1	A992	8114	423.000	423.000	108.5	
W18X35	1	A992	8176	426.000	426.000	108.5	
W18X35	1	A992	10502	548.000	548.000	108.5	
W24X68	1	A992	11844	1206.000	1206.000	108.5	
				Peso Total	30185.000		

Created By: Mohamed Abu Shady , If you have any comments, please e-mail me.
abushady@bimengineering.com
BIM Engineering Solutions
www.bimengineering.com

Figura (66): Informe Certificación 18-100-A Segunda forma de extracción (2/2)

Descripción proceso de validación

Prácticamente este proceso consiste en asignar los precios unitarios al informe generado por Tekla para así comparar los resultados con el documento de la certificación 18-100-A. Se comparará las desviaciones en peso y monto total

Datos procesados para la evaluación

- A partir de la información del informe de la primera valoración

The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

MATERIAL LIST

CLIENT : INGENIERÍA ESTRUCTUR
PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6
JOB NO. : 18-100
REF. DWG :
REV. :
DATE : 15.07.2018
PAGE : 1

Size	No.	Material	Length (mm)	Net Weight(kg) for one	Net Weight(kg) for all	Precio (RD$/KG)	Sub-Total (RD$)
RIOSTRA CERCHAS COLUMNAS							
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1169	14.0	82.00	**128.17**	10,510.30
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1170	14.0	83.00	128.17	10,638.48
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1201	14.0	85.00	128.17	10,894.83
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1240	15.0	87.00	128.17	11,151.17
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1281	15.0	30.00	128.17	3,845.23
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1291	15.0	30.00	128.17	3,845.23
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1343	16.0	221.00	128.17	28,326.55
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1353	16.0	223.00	128.17	28,582.90
L3-1/2X3X3/8	68	A36	1403	16.0	1,121.00	128.17	143,683.52
L3X3X3/8	128	A36	835	9.0	1,142.00	128.17	146,375.19
L3X3X3/8	2	A36	839	9.0	18.00	128.17	2,307.14
L3X3X3/8	4	A36	843	9.0	36.00	128.17	4,614.28
L3X3X3/8	12	A36	1302	14.0	167.00	128.17	21,405.13
L3X3X3/8	20	A36	1330	14.0	284.00	128.17	36,401.53
W8X10	5	A992	640	10.0	48.00	128.17	6,152.37
W8X10	4	A992	2262	34.0	136.00	128.17	17,431.72
W8X10	2	A992	2373	36.0	71.00	128.17	9,100.38
W8X10	4	A992	3307	50.0	198.00	128.17	25,378.53
W8X10	2	A992	7137	107.0	214.00	128.17	27,429.33
W8X10	4	A992	9659	145.0	579.00	128.17	74,212.99
W8X10	4	A992	11456	172.0	687.00	128.17	88,055.83
W8X10	2	A992	11568	173.0	347.00	128.17	44,476.52
W8X10	2	A992	12047	181.0	361.00	128.17	46,270.97
W8X10	2	A992	12223	183.0	366.00	128.17	46,911.84
VIGAS DE TECHO							
W8X31	4	A992	255	12.0	47.00	**108.46**	5,097.40
W8X31	2	A992	809	37.0	75.00	108.46	8,134.15

Figura (67): Procesamiento de datos en Excel primera forma de extracción (1/2)

W8X31	2	A992	812	38.0	75.00	108.46	8,134.15
W8X31	4	A992	837	39.0	155.00	108.46	16,810.57
W8X31	4	A992	1064	49.0	197.00	108.46	21,365.69
W8X31	6	A992	1117	52.0	310.00	108.46	33,621.14
COLUMAS							
W10X49	8	A992	8075	589.0	4,711.00	**98.60**	464,484.37
COLUMAS							
W14X61	1	A992	7375	669.0	669.00	98.60	65,960.53
COLUMAS							
W14X74	2	A992	360	40.0	79.00	98.60	7,789.06
W14X74	1	A992	6907	763.0	763.00	98.60	75,228.52
W14X74	3	A992	7975	880.0	2,641.00	98.60	260,391.26
COLUMAS							
W14X90	5	A992	359	48.0	241.00	98.60	23,761.57
W14X90	8	A992	611	82.0	656.00	98.60	64,678.78
W14X90	10	A992	6820	915.0	9,153.00	98.60	902,446.50
VIGAS DE TECHO							
W18X35	2	A992	2650	138.0	277.00	108.46	30,042.11
W18X35	1	A992	4448	232.0	232.00	108.46	25,161.62
W18X35	1	A992	5248	274.0	274.00	108.46	29,716.75
W18X35	1	A992	7882	411.0	411.00	108.46	44,575.12
W18X35	1	A992	8114	423.0	423.00	108.46	45,876.58
W18X35	1	A992	8176	426.0	426.00	108.46	46,201.95
W18X35	1	A992	10502	548.0	548.00	108.46	59,433.49
VIGAS DE TECHO							
W24X68	1	A992	11844	1206.0	1,206.00	108.46	130,797.06
				Total Weight:	30,185.00		
						SUB-TOTAL GENERAL (RD $)	**3,217,710.32**
						10% DIRECCION TECNICA (RD $)	**321,771.03**
						18% ITBIS SOLO DE LA DIRECCION TECNICA (RD $)	**57,918.79**
						TOTAL GENERAL (RD $)	**3,597,400.14**

Created By: Mohamed Abu Shady , If you have any comments, please e-mail me.
abushady@bimengineering.com
BIM Engineering Solutions
www.bimengineering.com

Figura (68): Procesamiento de datos en Excel primera forma de extracción (2/2)

➢ A partir de la información del informe de la segunda valoración

The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

MATERIAL LIST

CLIENT : INGENIERÍA ESTRUCTUR
PROJECT NAME: TECHO NOVOPLAST-B6
JOB NO. : 18-100
REF. DWG :
REV. :
DATE : 15.07.2018
PAGE : 1

Perfil	Cantidad	Material	Longitud (mm)	Peso (kg)/Ud	Peso (kg)/Todas	Precio (Rd$/Kg)	Sub-Total (Rd$)
RIOSTRA CERCHAS COLUMNAS							
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1,169.00	14.00	82.00	128.17	10,509.94
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1,170.00	14.00	83.00	128.17	10,638.11
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1,201.00	14.00	85.00	128.17	10,894.45
L3-1/2X3X3/8	6	A36	1,240.00	15.00	87.00	128.17	11,150.79
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1,281.00	15.00	30.00	128.17	3,845.10
L3-1/2X3X3/8	2	A36	1,291.00	15.00	30.00	128.17	3,845.10
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1,343.00	16.00	221.00	128.17	28,325.57
L3-1/2X3X3/8	14	A36	1,353.00	16.00	223.00	128.17	28,581.91
L3-1/2X3X3/8	68	A36	1,403.00	16.00	1,121.00	128.17	143,678.57
L3X3X3/8	128	A36	835.00	9.00	1,142.00	128.17	146,370.14
L3X3X3/8	2	A36	839.00	9.00	18.00	128.17	2,307.06
L3X3X3/8	4	A36	843.00	9.00	36.00	128.17	4,614.12
L3X3X3/8	12	A36	1,302.00	14.00	167.00	128.17	21,404.39
L3X3X3/8	20	A36	1,330.00	14.00	284.00	128.17	36,400.28
W8X10	5	A992	640.00	10.00	48.00	128.17	6,152.16
W8X10	4	A992	2,262.00	34.00	136.00	128.17	17,431.12
W8X10	2	A992	2,373.00	36.00	71.00	128.17	9,100.07
W8X10	4	A992	3,307.00	50.00	198.00	128.17	25,377.66
W8X10	2	A992	7,137.00	107.00	214.00	128.17	27,428.38
W8X10	4	A992	9,659.00	145.00	579.00	128.17	74,210.43
W8X10	4	A992	11,456.00	172.00	687.00	128.17	88,052.79
W8X10	2	A992	11,568.00	173.00	347.00	128.17	44,474.99
W8X10	2	A992	12,047.00	181.00	361.00	128.17	46,269.37
W8X10	2	A992	12,223.00	183.00	366.00	128.17	46,910.22
VIGAS DE TECHO							
W8X31	4	A992	255.00	12.00	47.00	108.46	5,097.62
W8X31	2	A992	809.00	37.00	75.00	108.46	8,134.50
W8X31	2	A992	812.00	38.00	75.00	108.46	8,134.50
W8X31	4	A992	837.00	39.00	155.00	108.46	16,811.30
W8X31	4	A992	1,064.00	49.00	197.00	108.46	21,366.62
W8X31	6	A992	1,117.00	52.00	310.00	108.46	33,622.60
COLUMAS							
W10X49	8	A992	8,075.00	589.00	4,711.00	98.60	464,504.60
COLUMAS							
W14X61	1	A992	7,375.00	669.00	669.00	98.60	65,963.40

Figura (69): Procesamiento de datos en Excel segunda forma de extracción (1/2)

COLUMAS							
W14X74	2	A992	360.00	40.00	79.00	98.60	7,789.40
W14X74	1	A992	6,907.00	763.00	763.00	98.60	75,231.80
W14X74	3	A992	7,975.00	880.00	2,641.00	98.60	260,402.60
COLUMAS							
W14X90	5	A992	359.00	48.00	241.00	98.60	23,762.60
W14X90	8	A992	611.00	82.00	656.00	98.60	64,681.60
W14X90	10	A992	6,820.00	915.00	9,153.00	98.60	902,485.80
VIGAS DE TECHO							
W18X35	2	A992	2,650.00	138.00	277.00	108.46	30,043.42
W18X35	1	A992	4,448.00	232.00	232.00	108.46	25,162.72
W18X35	1	A992	5,248.00	274.00	274.00	108.46	29,718.04
W18X35	1	A992	7,882.00	411.00	411.00	108.46	44,577.06
W18X35	1	A992	8,114.00	423.00	423.00	108.46	45,878.58
W18X35	1	A992	8,176.00	426.00	426.00	108.46	46,203.96
W18X35	1	A992	10,502.00	548.00	548.00	108.46	59,436.08
VIGAS DE TECHO							
W24X68	1	A992	11,844.00	1,206.00	1,206.00	108.46	130,802.76
				Peso Total	30185.000		
						SUB-TOTAL GENERAL (RD $)	**3,217,784.28**
						10% DIRECCION TECNICA (RD $)	**321,778.43**
						18% ITBIS SOLO DE LA DIRECCION TECNICA (RD $)	**57,920.12**
						TOTAL GENERAL (RD $)	**3,597,482.83**
Created By: Mohamed Abu Shady , If you have any comments, please e-mail me.							
abushady@bimengineering.com							
BIM Engineering Solutions							
www.bimengineering.com							

Figura (70): Procesamiento de datos en Excel segunda forma de extracción (2/2)

8. CONCLUSIONES

Es un hecho que los softwares BIM para la realización de proyectos de construcción resultan ser un arma poderosa de integración y manejo de datos que facilitan muchos de los procesos que se involucran en la ejecución del proyecto.

En este caso de estudio el análisis de las capacidades del software Tekla para la generación de certificaciones de obra resultaron ser efectivas desdés las diferentes formas de evaluación.

En términos específicos del proceso de validación de los resultados se pueden resaltar los siguientes datos:

- El peso total según el documento de certificación 18-100-A según los datos suministrados es de 30,810.68 Kg y el monto total es 3, 672, 932.00 RD$.

- La certificación a partir de los datos extraídos del modelo de la primera forma da como resultado un peso total de 30, 185.00 Kg y el monto final es de 3,597,400.14 RD$.

- La segunda forma de extracción arrojó un peso total de 30, 185.00 Kg y un monto final de 3,597, 482.43.

Esto significa que el peso y el monto total presentado en la certificación de los datos suministrados posee un 2.07% más que el obtenido de la extracción del modelo por ambas formas de valoración. Por lo tanto, las formas de extracción de datos para la generación de certificaciones de obras mediante el uso de un programa BIM pueden ser totalmente aceptable y comprobable.

Así mismo, ambas extracciones de datos concluyen en el mismo peso, aunque varían en el monto final en 0.0023% debido a el arrastre de cifras de los precios digitados en Excel (primera forma de extracción y procesamiento de datos) y los precios sacados directamente del modelo (segunda forma de extracción y procesamiento de datos).

Resulta interesante ilustrar las habilidades de los programas BIM de esta forma, para contribuir con la masa profesional del sector que aún no asimila, procesa ni acepta la tecnología BIM para el desarrollo de sus proyectos. Sin lugar a dudas, estos programas pasaran de ser una opción a una necesidad para el desarrollo de los proyectos, es por eso la importancia de que los profesionales del sector empiecen a capacitarse y nutrirse de la aplicación, beneficio y uso de estas herramientas.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la oportunidad y apoyo brindado por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de la República Dominicana para la realización del master. Gracias a todos los colegas que facilitaron información y conocimiento para la realización de este trabajo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS

Abanda, F., Vidalakis, C., Oti, A. & Tah, J., 2015. A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. En: s.l.:s.n., pp. 183-201.

Abanda, F., Zhou, W., Tah, J. H. M. & Cheung, F., 2013. Singapore, s.n.

Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A. & Froese, T., 2009. Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM. *International Journal of Managing Projects in Business,* pp. 419-434.

Autodesk, 2007. *Autodesk.* [En línea]
Available at: www.autodesk.com/buildinginformation

Autodesk, 2007. *Autodesk.* [En línea]
Available at: www.autodesk.com/buildinginformation

Autodesk, 2018. *Autodesk.* [En línea]
Available at: https://www.autodesk.es/solutions/cad-software
[Último acceso: 2018].

Azhar, S., 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering,* Volumen 11, pp. 241-252.

Azhar, S., PH.D. & A.M.ASCE, 2011. Leadership and Management in Engineering. *American Society of Civil Engineers,* 11(3).

Azpeita , J., Beobide, E. & Mayorga , M., 2016. *Qué es B.I.M.-.La importancia de la I.* Zaragoza, s.n.

Berlo, L. V. y otros, 2012. *BIM QuickScan: benchmark of BIM performance in the Netherlands..* s.l., s.n.

BIM Community, 2018. *BIM Community.* [En línea]
Available at: https://www.bimcommunity.com/news/load/126/el-reino-unido-ya-es-un-pais-bim

BIM, 2013. *Bimforum.* [En línea]
Available at: www.bimforum.org/lod

Björk, B.-C., 1995. *Requirements and information structures for building product data models.* s.l.:VTT Publications 245, Espoo.

Boeykens, S., Santana , M., Neuckermans, H. & Leuven, K. U., 2008. *Improving architectural design analysis using 3D modeling and visualization techniques.* s.l., s.n.

BorjeGhaleh, R. M. & Majrouhi Sardroud, J., 2016. Approaching Industrialization of Buildings and Integrated Construction Using Building Information Modeling. *Procedia Engineering,* Volumen 164, pp. 534-541.

BuildingSmart, s.f. *BuildingSmart.* [En línea]
Available at: https://www.buildingsmart.es
[Último acceso: 2018].

Carmona, J. & Irwin, K., 2007. BIM:Who, what, how and why. *Building Operating Management.*

Chartered Institute of Building, 2017. *CIOB.* [En línea]
Available at: http://www.bimplus.co.uk/people/uk-procurement-framework-informs-italys-move-manda/

Cooperativa Caminos, 2018. *Cooperativa Caminos.* [En línea]
Available at: http://www.cooperativacaminos.com
[Último acceso: 2018].

CURT, 2005. *Optimizing the Construction Process: An Implementation Strategy..* Cincinnati, s.n.

del Caño, A., de la Cruz, M. & Solano, L., 2007. Computer-aided design, engineering, manufacturing and construction: evolution and future challenges. *Informes de la Construcción,* 59(505), pp. 53-71.

Ding , L., Zhou , Y. & Akinci, B., 2014. Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. *Automation in Construction,* pp. 82-93.

Drzazga, M., 2016. BIM – zapis informacji o przedsięwzięciu budowlanym (projektowanie 5d). *Przegląd budowlany,* Volumen 9, pp. 33-37.

Dzambazova , T., Demchak, G. & Krygiel , E., 2007. *Mastering Revit Architecture 2008.* s.l.:s.n.

Eastman, C., 1978. *The representation of design problems and mainteArtificial Intelligence and Pattern Recognition in Computer Aided Design.* Amsterdam, s.n., pp. 355-365.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling.* New Jersey: s.n.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.* New Jersey: s.n.

EDITECA, 2018. *EDITECA.* [En línea]
Available at: Https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3Bgs%2FKzaWcSO2UKojV8z5%2BJw%3D%3D

F.H. Abanda, B. Kamsu-Foguem & J.H.M. Tah, 2017. BIM – New rules of measurement ontology for construction cost. *Engineering Science and Technology,* pp. 443-459.

Forgues, D., Iordanova, I., Valdivesio, F. & Staub-French, S., 2012. *Rethinking the cost estimating process through 5D BIM — a case study.* s.l., s.n.

Franco , K. y otros, 2012. Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM. *Automation in Construction,* Volumen 27, p. 67–77.

Global Institute Of Technology, 2013. *ZIGURAT.* [En línea]
Available at: https://www.e-zigurat.com/noticias/bim-requisito-inminente-proyectos-publicos-edificacion/

Gołaszewska, M. & Salamak, M., 2017. Challenges in takeoffs and cost estimating in the BIM technology, based on the example of a road bridge model. *Technical Transactions,* Volumen 4, pp. 71-79.

Graphisoft, 2018. [En línea]
Available at: http://www.graphisoft.com/products/ virtual_building/

Gu, N. & London, K., 2010. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Journal of Automated Construction Special,* Volumen 19, pp. 988-999.

Hartmann, T., Gao, J. & Fischer, M., 2008. Areas of application for 3D and 4D models on construction projects. *J. Constr. Eng. Manag,* 134(10), p. 776–785.

Hartmann, T., Meerveld, H. v., Vossebeld, N. & Adriaanse, A., 2012. Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction,* Volumen 22, pp. 605-613.

Hartmann, T., van Meerveld, H., Vossebeld, N. & Adriaanse, A., 2012. Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction,* p. 605–613.

Howard, R. & Björk, B., 2008. Building information modelling—Expert's views on standardisation and industry deployment.. *Advanced Engineering Informatics,* 22(2), p. 271–280.

Jadid, M. N. & Idrees, M., 2007. Cost estimation of structural skeleton using an interactive automation algorithm: a conceptual approach. *Automation in Construction,* 16(6), p. 797–805.

Jellings, J. & Baldwin, M., 2009. BIM Based Quantity Surveying. *BIM Journal - Improving the Construction Process,* 11(1), pp. 82-87.

Jrade, A. & Alkass, S., 2007. Computer-Integrated System for Estimating the Costs of Building Projects. *Journal of Architectural Engineering,* 13(4).

Koo, K., Song, J., S.C. , P. & Park, S., 2008. A work item matching process model for using historical unit prices. *Journal of the Korea Institute of Building Construction,* 24(6), pp. 61-68.

Kougut , P. & Tomana, A., 2011. *Bim Jako platforma integracji branz, Zeszyty Naukowe Politechniki Nr 283, Bubownictwo i Inzyneria Srodo wiska z 59 (3/12/III).* s.l., s.n., pp. 227-282.

Kwon, O., Jo, C. & Cho, J., 2011. Introduction of BIM quality standard for quantity take-off. *Journal of the Korea Institute of Building Construction,* 11(2), p. 171–180.

Kymmell, W., 2008. *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations..* New York: McGraw Hill Companies.

Laakso, M. & Kiviniemi, A., 2011. *A review of IFC standardization—interoperability through complementary development approaches.* Sophia Antipolis, France, s.n.

Lee, G. y otros, 2012. The Business Value of BIM in South Korea. *SmartMarket Report, McGraw Hill Construction,* p. 66.

Logothetis, S., Delinasiou, A. & Stylianidis, E., 2015. *Building Information Modeling para el patrimonio cultural: REVISIÓN.* Taipei, Taiwán, s.n.

Mac Muzvimwe, 2018. *FAITHFUL GOULD.* [En línea]
Available at: https://www.fgould.com/uk-europe/articles/5d-bim-explained/

Ma, Z., Zhang, X., Wei, Z. & Lou, Z., 2010. *Framework design for BIM-based construction cost estimating software.* Cairo, s.n., pp. 18-24.

McCuen, T., 2009. *Cost Estimating in BIM: The Fifth Dimension,* s.l.: s.n.

Mesároš, P. & Mandiák, T., 2017. *Exploitation and Benefits of BIM in Construction Project Management.* s.l., s.n.

Mesároš, P. & Mandičák, T., 2017. *Exploitation and Benefits of BIM in Construction Project Management.* s.l., s.n.

Mesároš, P., Mandičák, T., Mesárošová, A. & Behún, M., 2016. *Developing managerial and digital competencies trough BIM technologies in construction industry.* Vysoke Tatry, Slovakia, IEEE, pp. 217-222.

Mitchell, D., 2012. *5D BIM: CREATING COST CERTAINTY AND BETTER BUILDINGS.* Las Vegas, Nevada USA, s.n.

Mitchell, D., 2013. 5D Quantity Surveyor – Here & Now. *JCT News*, pp. 4-6.

Nikkie BP Consulting, Inc., 2011. Japan 2011 BIM Survey. *Nikkie BP Consulting, Inc.,* p. 54.

Ok, J., Lee, M. & Jang, K., 2009. A Study on the Modeling of BIM Property Information in Reflection of the Public Cost Estimate Distinctions. *Proceeding of Korea Institute of Construction Engineering and Management,* p. 772–777.

P. Mesároš, D. Mačková, M. Spišáková & T. Mandičák, 2016. *mLearning tool for modeling the building site parameters in mixed reality environment".* s.l., s.n., pp. 211-216.

Plebankiewicz, E., Zima, K. & Skibniewski, M., 2015. Analysis of the first Polish BIM-Based cost estimation application. *Procedia Engineering,* pp. 405-414.

Porkka, J. & Kahkonen, K., 2008. SOFTWARE DEVELOPMENT APPROACHES AND CHALLENGES OF 4D.

Radziszewska-Zielina, . E. & Rumin, R., 2016. *Analysis Of The Profitability of Investment In Renewable Energy Sources On The Example of A Semi-Detached House.* s.l., s.n.

Sabol, L., 2008. *Challenges in cost estimating with Building Information Modeling. IFMA World Workplace.* [En línea].

SALMAN AZHAR, P. & A.M.ASCE, 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Benefits, Risks, and AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering,* 11(3), pp. 241-252.

Sattineni, A. & Harrison Bradford II, R., 2011. *Estimating with BIM: A Survey of US Construction Companies.* Seoul, Korea, s.n., pp. 564-569.

Shafiq, M., Matthews, J. & Lockley, S., 2013. A study of BIM collaboration requirements and available features in existing model collaboration systems. *Journal of Information Technology in Construction: ITcon,* Volumen 18, p. 148–161.

Smith , D. P., 2016. Project cost management with 5D BIM. *ScienceDirect,* pp. 193-200.

Smith, P., 2016. Project cost management with 5D BIM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* Volumen 226, pp. 193-200.

Succar, B., 2009. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction,* Volumen 18, pp. 357-375.

Sulankivi, K., Kähkönen, K., Mäkelä, T. & Kiviniemi, M., 2010. *4D-BIM for Construction Safety Planning.* Salford, United Kingdom, s.n., pp. 74-84.

Syed Firoz, S.Kanakambara Rao- K L University, India, 2012. Modelling Concept of Sustainable Steel Building by Tekla. *International Journal of Engineering Research and Development,* I(5), pp. 18-24.

Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B. & Koskela, L., 2016. The effects of BIM and lean construction on design management practices. *Procedia Engineering,* p. 567 – 574.

Trimble, 2018. *Tekla.* [En línea]
Available at: https://www.tekla.com

Tse, T.-c. K., Wong, K.-d. A. & Wong, K.-w. F., 2005. The utilisation of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers. *Journal of Information Technology in Construction,* Volumen 10, pp. 85-110.

Van Leeuwen, J. P., 1999. *Modelling architectural design information by features. EindhovenUniversity of Technology, Eindhoven..* s.l.:s.n.

Van Nederveen, G. & Tolman, F., 1992. Modelling Multiple Views on Buildings. *Automation in Construction,* pp. 215-214.

Whyte, J., Bouchlaghem, D. & Thorpe, T., 2002. IT implementation in the construction organization.. *Engineering, Construction and Architectural Management,* p. 371–377.

Wooyoung , J. & Ghang, L., 2015. The Status of BIM Adoption on Six Continents. *International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering,* 9(5), pp. 406-410.

Wu, S., Wood, G., Ginige, K. & Wee Jong, S., 2014. A TECHNICAL REVIEW OF BIM BASED COST ESTIMATING IN UK QUANTITY SURVEYING PRACTICE, STANDARDS AND TOOLS. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon),* Volumen 19, pp. 535-562.

Young , N. W., Jones, J., S. A. & Bernstein, . H. M., 2007. Interoperability in the construction industry. *SmartMarket Report, McGraw Hill Construction,* p. 36.

Zima, K., 2017. Impact of information included in the BIM on preparation of Bill of Quantities. *Procedia Engineering,* pp. 203-2010.